INFORMACIONES AGRÓNOMICAS DEL CONO SUR #34

IPNI
INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR

JUNIO - 2007

CONTENIDO

- MINERALIZACIÓN Y NITRIFICACIÓN EN EL CICLO DEL NITRÓGENO
- USO DE CLORURO DE POTASIO Y PRODUCCIÓN DE TRIGO
- FERTILIZACIÓN FOSFATADA DE TRIGO
- FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE TRIGO

MINERALIZACIÓN Y NITRIFICACIÓN: PROCESOS CLAVES EN EL CICLO DEL NITRÓGENO

Dr. Miguel L. Cabrera
Departamento de Ciencia de Suelos y Cultivos-Instituto de Ecología
Universidad de Georgia, Athens, Georgia, EE.UU.
mcabrera@uga.edu

Presentado en el Simposio Fertilidad 2007. IPNI Cono Sur-Fertilizar AC. Rosario, 10-11 Mayo 2007, y en el Seminario Internacional de Nutrición Vegetal 2007. Facultad de Agronomía (UdelaR) (Paysandú)- INIA- IPNI Cono Sur. Paysandú, Uruguay, 8 Mayo 2007.

Un buen entendimiento cuantitativo del ciclo del nitrógeno (N) es importante para la toma de decisiones con respecto a la dosis de fertilizante nitrogenado a utilizar para la fertilización de los cultivos. Uno de los procesos más importantes que afectan la cantidad de N disponible en el suelo, es la mineralización de la materia orgánica del suelo (MO) y de los residuos de cultivos y la nitrificación del amonio liberado (Fig. 1). En este trabajo, se discuten factores importantes que afectan estos procesos y el impacto potencial del test de nitrato en V5-V6, análisis usualmente utilizado para medir si el suelo puede proveer de una cantidad suficiente de N disponible para el crecimiento del cultivo. Asimismo, se comentan formas potenciales de mejorar el análisis mediante la incorporación de información ambiental, y se discute acerca del futuro uso de modelos de simulación para las recomendaciones de fertilización nitrogenadas.

Mineralización de la Materia Orgánica del Suelo

La mineralización de la MO puede proveer cantidades significativas de N para el crecimiento del cultivo,

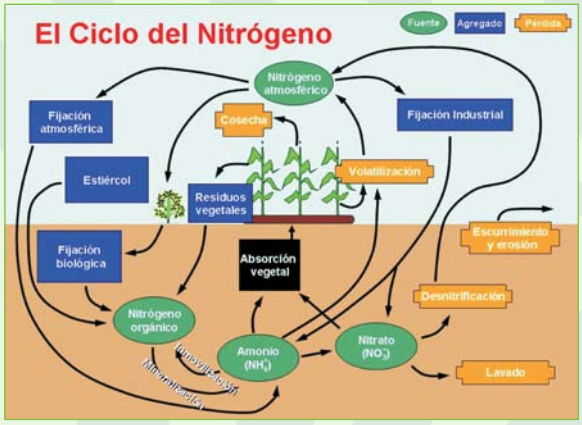


Figura 1. El ciclo del nitrógeno (Fuente: PPI).

IPNI
International
Plant Nutrition
Institute

Director: Dr. Fernando O. García
Instituto Internacional de Nutrición de Plantas
Programa Latinoamerica - Cono Sur
Av. Santa Fe 910
(B1641ABO) Acassuso – Argentina
Tel/Fax (54) (011) 4798-9939
E-mail: fgarcia@ipni.net
Sitio Web: www.ipni.net

Propietario: Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC)
ISSN 1666 - 7115
No. de Registro de Propiedad Intelectual 222581

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

Diseño e Impresión: www.agroeditorial.com.ar
amatthiess@amatthiess.com.ar

Contenido:

Mineralización y Nitrificación: Procesos Claves en el Ciclo del Nitrógeno ____ 1

Uso de cloruro de potasio y producción de trigo en la pampa arenosa ____ 10

Fertilización fosfatada de trigo en suelos haplustoles del sudeste de Córdoba ____ 17

Factores que afectan el rendimiento de trigo en el centro sur de Santa Fé ____ 20

Congresos, Cursos y Simposios ____ 25

Publicaciones de Inpofos ____ 26

aún en suelos con cantidades relativamente menores de carbono (C) orgánico. Por ejemplo, la cantidad de mineralización neta de N a partir de un Kandiudult típico, bajo labranza convencional, cultivado con algodón en Georgia (EE.UU.), fue desde 26 a 67 kg N ha^{-1}, en sitios experimentales que variaron en el contenido de C orgánico de 0.39% a 0.56% (Egelkraut et al., 2003). Suelos con grandes cantidades de C orgánico pueden liberar cantidades elevadas de N bajo condiciones ambientales favorables. Por ejemplo, en un estudio conducido en Ontario (Canadá), la cantidad neta de N mineralizado a partir de un suelo Hapludalf típico, en siembra directa con maíz, fue desde 103 a 145 kg N ha^{-1}, dependiendo de las condiciones ambientales. El contenido promedio de C orgánico en el suelo fue de 2.41% (Dharmakeerthi et al., 2005).

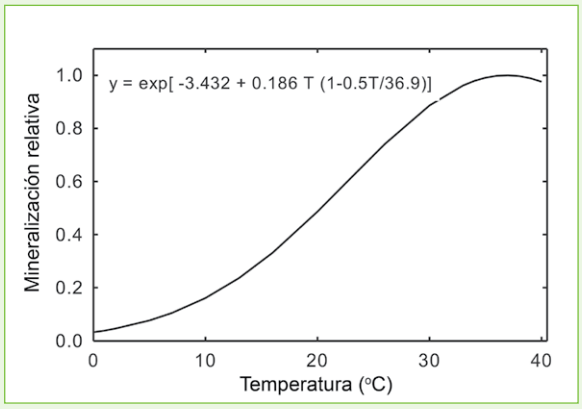


Figura 2. Efecto de la temperatura en la mineralización relativa de N (Adaptado a partir de Kirschbaum, 1994).

En la mayoría de los suelos, el contenido de agua y la temperatura son los factores ambientales más importantes que controlan la mineralización neta de N a partir de la MO (Rodrigo et al., 1997). Como resultado, muchas investigaciones han estudiado el efecto de éstos factores en la mineralización del N pero muy pocos han procurado en sintetizar la información acumulada.

Kirschbaum (1994) analizó información a partir de numerosos estudios que investigaron el efecto de la temperatura sobre la mineralización del N, y concluyeron que el valor Q10 se encuentra alrededor de 8.0 cerca de 0°C y decrece a valores menores a 2, a medida que la temperatura alcanza los 35°C. El ajuste de la ecuación a partir de la información obtenida permite relacionar la mineralización de N relativa (TF) con la temperatura:

$$TF = \exp[-3.432 + 0.186\ T\ (1-0.86\ T/36.9)]$$

Ecuación [1]

La forma de esta ecuación se puede observar en la Figura 2, donde la respuesta a la mineralización de N a la temperatura, es mucho mayor a temperaturas cercanas a 0°C que a 30°C.

En un análisis de 12 estudios de laboratorios en Argentina, Australia, y EE.UU., Paul et al. (2003) encontraron la siguiente relación lineal entre el contenido de agua relativo (CAR) y la mineralización relativa de N (MF), que explicó el 75% de la variabilidad (Fig. 3):

$MF = 0.83CAR+0.42$, en el rango $-0.50<CAR<0.70$ (Fig. 3)

Ecuación [2]

donde

$CAR = (VWC-VWC_{-1.5})/(VWC_{-0.01} - VWC_{-1.5})$

Ecuación [3]

VWC = contenido volumétrico de agua

$VWC_{-0.01}$ = contenido volumétrico de agua a -0.01 MPa

$VWC_{-1.5}$ = contenido volumétrico de agua a -1.5 MPa

Debe ser aclarado que la información utilizada en la Figura 3 fue corregida a una temperatura óptima de 40°C. Consecuentemente, la ecuación [2] describe el efecto del CAR a temperatura óptima para la mineralización de N. Sin embargo, debido a que la ecuación describe la mineralización relativa, se puede aplicar a todas las temperaturas. De esta manera, si bien la tasa de mineralización real es menor a 20°C que a 40°C, el efecto de la humedad del suelo es el mismo con respecto a la mineralización relativa. Por lo tanto, si la humedad del suelo es tal que la mineralización relativa es 0.5, la tasa real de mineralización seria del 50% de la tasa máxima posible a una temperatura dada.

La relación descripta por la ecuación [2] muestra que la mineralización neta máxima de N es obtenida cuando el CAR = 0.7 y que la mineralización se mantiene constante a valores superiores de CAR > 0.7 (Fig. 3). Hay estudios que muestran una disminución en la mineralización neta de N a medida que el contenido de agua del suelo se aproxima a saturación (Drury et al., 2003). Esta disminución aparentemente es debido a un decrecimiento en la disponibilidad de oxígeno (Linn y Doran, 1984). En la Figura 3 se observa que cuando el contenido relativo de agua es cero, lo cual corresponde al potencial agua de -1.5 MPa (punto de marchitez permanente), la mineralización neta de N se mantiene a aproximadamente al 40% de la tasa máxima posible para una temperatura dada.

La temperatura y el contenido hídrico del suelo presentaron una fuerte interacción sobre la tasa de mineralización neta de N (Zak et al., 1999; Quemada y Cabrera, 1997). A causa de esta interacción, la cantidad a partir de la cual se incrementa la mineralización neta con incrementos de la temperatura, depende del contenido hídrico del suelo. Generalmente, el incremento observado en la mineralización neta con una temperatura dada, es superior con contenidos elevados con respecto a bajos niveles de agua de suelo.

Mineralización de Residuos de Cultivos

La mineralización de residuos de los cultivos puede proveer importantes cantidades de N disponible para el vegetal, o puede significar una inmovilización neta de N a partir del suelo.

Entendiendo las características de los residuos, así como también las condiciones ambientales que son necesarias para el proceso de mineralización neta o inmovilización, es importante para el manejo correcto de las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados. Entre los factores más importantes que controlan la mineralización neta del N, se incluyen la composición de los residuos (Whitmore, 1996), las condiciones ambientales, como la temperatura y el contenido hídrico del suelo (Kätterer et al. 1998), como así también los eventos de secado y re-humedecimiento (Kruse et al., 2004), y las características del suelo (Schjönning et al., 1999).

Los residuos orgánicos agregados en formas superficiales o incorporadas dentro del suelo son descompuestos por la biomasa microbiana presente en el suelo y/o en los residuos. Parte del C en la descomposición de residuos, es liberado como CO_2 y otra parte, es asimilada por la biomasa microbiana involucrada en el proceso de descomposición (Alexander, 1977; Gilmour et al., 2003). Para que ocurra la asimilación del C, el N también debe ser asimilado en cantidades determinadas por la relación C:N de la biomasa microbiana. Si la cantidad de N presente en la descomposición de residuos orgánicos es superior que la requerida por los microorganismos, existirá por lo tanto una mineralización neta, con liberación de N inorgánico. Si la cantidad de N en el residuo es igual a la cantidad requerida, no habrá mineralización neta. Si, por el contrario, la cantidad de N presente en el residuo es menor que el requerido por la biomasa microbiana, N inorgánico adicional será inmovilizado, el cual se obtendrá a partir del suelo para completar el proceso de descomposición (Corbeels et al., 1999).

Esto sugiere que la cantidad de C y N en residuos y en la biomasa microbiana, que actúa en la descomposición, son factores importantes que controlan la ocurrencia de la mineralización o la inmovilización neta de N. Investigaciones sintetizadas por Whitmore (1996), muestran claramente que la relación C:

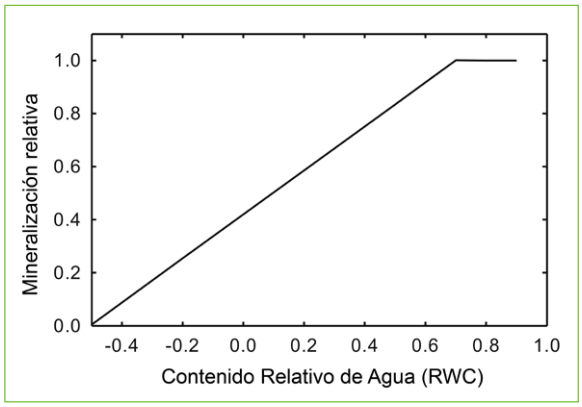


Figura 3. Mineralización de N relativa afectada por el Contenido de Agua Relativo del suelo (CAR) (Adaptado a partir de Paul et al., 2000).

N de los residuos se relaciona con la cantidad de N liberado, y que el punto de equilibrio entre la mineralización y la inmovilización neta de N puede ser encontrado con valores entre 20-40 de C:N. Resultados similares fueron reportados por van Kessel et al. (2000) y Seneviratne (2000). La existencia de ese rango, en vez de un simple valor para el punto de equilibrio, esta probablemente relacionada con la variación en la relación C:N de la biomasa microbiana que actúa en la descomposición de los residuos, como así también con la existencia de componentes orgánicos con diferentes susceptibilidades.

Los residuos orgánicos con relaciones C:N similares pueden mineralizar diferentes cantidades de N, por diferencias en su composición que no son reflejadas por la relación C:N. Debido a que la relación C:N por si misma no puede explicar todas las diferencias en mineralización de N, mucho esfuerzo se ha realizado sobre la caracterización de los diferentes componentes o grupos de componentes presentes en los residuos orgánicos. Algunos estudios han identificado grupos como los polifenoles, proteínas, carbohidratos solubles, hemicelulosa, celulosa, lignina, y han relacionado éstos con la descomposición de residuos (Thuriès et al., 2002) y la mineralización de N (Palm y Sanchez, 1991; Vigil y Kissel, 1991; Lerch et al., 1992; Constantinides y Fownes, 1994; Seneviratne, 2000; Rowell et al., 2001). Otros estudios, han caracterizado residuos orgánicos utilizando diferentes técnicas espectroscópicas. Por ejemplo, Rowell et al. (2001) relacionó la mineralización de N a partir de cuatro biosólidos, paja de trigo, desecho de fibras de papeles (provenientes de el proceso termo-mecánico de pulpado sin utilización de cloro), y cama de aciculas de pino, los cuales fueron caracterizados por espectroscopia mediante C 13 NMR. Ellos encontraron que la mineralización neta de N estuvo más fuertemente relacionada con el contenido de C ligado a grupos alcanos ($r = 0.86$), que con la relación C:N ($r = -0.75$). De Neve y Hofman (1996), trabajando con residuos vegetales de cultivos, reportaron que la mineralización de N presentó una mejor relación con la fracción soluble en agua ($r = 0.86$) que con la relación C:N ($r = -0.76$).

Como fue mencionado con antelación, muchos estudios han evaluado el efecto de la temperatura del suelo y el contenido de agua sobre la mineralización del N (Ellert y Bettany, 1992; Gonçalves y Carlyle, 1994; Sierra, 1997), pero la mayoría se han concentrado en la mineralización del N a partir de la material orgánica del suelo, y no a partir de los residuos orgánicos (Griffin et al., 2002). También, muchos estudios han evaluado el efecto de la temperatura a un contenido de agua óptimo (Ellert y Bettany, 1992), o el efecto del contenido de agua a una temperatura optima del suelo (Myers et al. 1982), implícitamente asumiendo que no hay interacción entre estas variables.

Varios estudios han mostrado, la importancia de la interacción entre la temperatura y el contenido hídrico del suelo (Gonçalves y Carlyle, 1994; Sierra, 1997; Knoepp y Swank, 2002). Quemada y Cabrera (1997 b) encontraron una fuerte interacción entre la temperatura y el contenido hídrico, en la descomposición y mineralización del N a partir de la aplicación en superficie de residuos de trébol. Ellos también encontraron que los efectos de la temperatura y el contenido hídrico sobre la descomposición y la mineralización de N a partir de la material orgánica del suelo fueron diferentes (Figs. 4 y 5). En la Figura 5, se observa que la descomposición de residuos en la superficie del suelo continua a una tasa relativamente constante y elevada a bajos contenidos de agua del suelo, mientras que la descomposición de la MO decrece rápidamente con la disminución del contenido de humedad del suelo (Fig. 4). Esto es probablemente debido al tipo de población microbiana involucrada en el proceso de descomposición. La descomposición de la MO es llevada a cabo principalmente por las bacterias, mientras que la descomposición de los residuos en superficie es realizada por los hongos, los cuales pueden operar a niveles de humedad menores con respecto a las bacterias.

Grandes cambios en el contenido hídrico de los suelos causados por eventos de secado y re-humedecimiento, constituyeron otro factor ambiental que pueda presentar un efecto importante en la mineralización del N. Los efectos de secado y re-humedecimiento sobre la mineralización de N, han sido estudiados extensivamente (Birch, 1958; Agarwal et al., 1971; Cabrera, 1993; van Gestel et al., 1996; Appel, 1997), pero hay limitada información disponible sobre el efecto que el secado y re-humedecimiento pueden tener sobre la mineralización del N a partir de residuos orgánicos (Clein y Schimel, 1993; Pulleman y Tietema, 1999; Magid et al., 1999; Kruse et al., 2004).

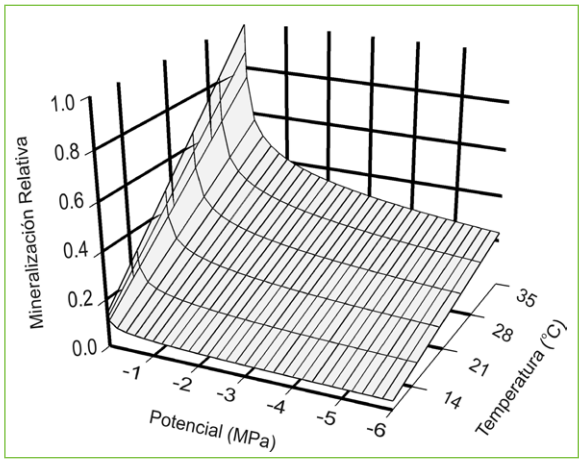


Figura 4. Efecto de la temperatura y el potencial sobre la mineralización relativa de la material orgánica del suelo en un suelo Kandiudult típico (adaptado de Quemada y Cabrera, 1997).

En estudios recientes, Kruse et al. (2004) encontraron que la descomposición de hojas de algodón en suelos continuamente húmedos, con 185 días de mineralización resultó en un 30% de mineralización del N aplicado, mientras que cuando el tratamiento fue con ciclos de 14 días de secado y re-humedecimiento alcanzó una mínima mineralización o inmovilización neta de N. Los autores hipotetizaron que este efecto resultó a partir del ciclo de secado y re-humedecimiento sobre la población de microfauna, tales como nematodos y protozoos que son predadores de las poblaciones de bacterias. Clein y Schimel (1993) reportaron una menor descomposición con cama de abedules con ciclos de secado y re-humedecimiento, con respecto al tratamiento continuamente húmedo. Ellos hipotetizaron que esa reducción fue causada por la sensibilidad a la sequía de la población microbiana clave en el proceso de descomposición. Similarmente, Magid et al. (1999) encontraron que la descomposición decreció con el secado y re-humedecimiento, con el agregado de *Lolium perenne* como residuo.

Ferris et al. (1988) observaron que los nematodos que se alimentan de las bacterias pueden incrementar la mineralización del N a partir de residuos orgánicos. Similarmente, Kuikman et al. (1991) encontraron que los protozoos alimentándose de bacterias incrementan la mineralización de la MO. Debido a que la actividad de nematodos y protozoos es restringida por bajos contenidos de agua en el suelo (Kuikman et al., 1991; Savin et al., 2001), el efecto positivo sobre la mineralización de N será observado con la incorporación de residuos y donde el contenido de agua del suelo no sea limitante. En estudios de un año de experimentación, con residuos de algodón y maíz, Zibilske y Materon (2005) encontraron que los residuos enterrados mantuvieron un mayor contenido de humedad que los residuos en superficie, lo cual incrementa la descomposición de los residuos enterrados. El efecto de los nematodos y protozoos sobre la mineralización del N a partir de los residuos en superficie, se ve limitado debido a la susceptibilidad a un desecamiento severo de los residuos en superficie.

En estudios de un año, llevados a cabo en Texas, Schomberg et al. (1994) encontraron que los residuos de trigo perdieron acerca del 30% de su peso seco inicial cuando la descomposición ocurrió sobre la superficie del suelo, y cerca de un 80% cuando los residuos se encontraban enterrados. La descomposición de los residuos de trigo sobre la superficie del suelo, inmovilizaron una cantidad de N equivalente al 50% del contenido inicial, mientras que los enterrados mineralizaron aproximadamente el 40% del contenido inicial de N (sin embargo hubo una inmovilización inicial, que alcanzó un pico después de cuatro meses y fue el equivalente al 20% del N inicial). La cantidad total de precipitaciones e irrigación recibidas durante el año fueron de 640 mm.

En un estudio de dos años de experimentación, conducido en Quebec, Burgess et al. (2002) evaluaron la liberación de N a partir de los componentes de residuos de maíz (hojas, tallos, mazorcas o cáscaras) bajo sistemas de siembra directa y convencional. A pesar de que las mazorcas, cáscaras y los tallos inmovilizaron N en algún punto del proceso de descomposición, la cantidad de N inmovilizado fue contrabalanceada o excedida por la cantidad de N liberada a partir de otros componentes de los residuos. La cantidad total de N contenida en los residuos fue de 53 kg N ha^{-1}. Durante los primeros seis meses, 10 a 12 kg N ha^{-1} fueron liberados a partir de las hojas, 7 a 10 kg N ha^{-1} a partir de los tallos, 1 a 2 kg N ha^{-1} a partir de las mazorcas y cáscaras. Como era de esperarse, todo el N liberado a partir de los residuos en superficie fue menor con respecto a los residuos enterrados. Al finalizar los 2 años de ensayo, todos los componentes de residuos de maíz considerados liberaron acerca del 50% de su contenido inicial de N, cuando la descomposición ocurrió sobre la superficie (siembra directa) y 70 a 80% del N inicial cuando los residuos se encontraban enterrados en el suelo (labranza convencional). Estos resultados son interesantes debido a que la relación C/N de los residuos de maíz (42-149) estuvieron cerca del punto de equilibrio entre la mineralización e inmovilización de N, el rango se encontraba entre 20-40. Asimismo, estos resultados sugieren que la inmovilización de N a partir de residuos de maíz puede ser menor con respecto a la que se determinó cuando los estudios se realizan en laboratorio bajo condiciones favorables de descomposición de residuos (Green y Blackmer, 1995; Recous et al., 1995).

Algunos estudios de laboratorio acerca de la mineralización de N a partir de residuos orgánicos han mostrado diferencias en la cantidad de N liberado a partir de los mismos residuos en diferentes suelos (Whitmore y Groot, 1997; Thomsen y Olesen, 2000).

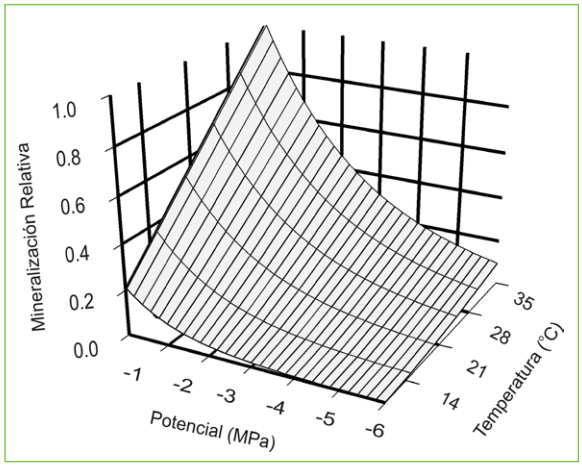


Figura 5. Efecto de la temperatura y potencial del agua sobre la mineralización relativa de residuos de trébol en la superficie de un suelo Kandiudult típico (adaptado de Quemada y Cabrera, 1997).

En general, la cantidad neta de N mineralizado a partir de un residuo dado es mayor en suelos arenosos que en suelos arcillosos. Diferencias en la liberación de N pueden ser atribuidas a la adsorción del N orgánico por las arcillas (Van Veen et al., 1985), incrementos en la aireación en suelos arenosos (Thomsen et al., 1999), diferencias en las relaciones C:N de los microorganismos y la microfauna (Hassink, 1994; Hassink et al., 1994), y diferencias en las poblaciones de protozoos y nematodos presentes (Kuikman et al., 1991; Griffiths et al., 1998).

Nitrificación

La nitrificación es la conversión del amonio a nitrato, que es llevada a cabo principalmente por las bacterias quimio-autotróficas del género *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. La tasa de nitrificación en los suelos es fuertemente dependiente de la temperatura, el contenido de agua, el pH y el potencial osmótico del suelo. En general, la forma de la curva de respuesta de la nitrificación a la temperatura es similar a la del N mineralizado (Fig. 2), con la excepción que a bajas temperaturas la respuesta a la nitrificación no parece ser tan pronunciada como la mineralización de N que presenta mayores valores de Q10.

La temperatura óptima para la nitrificación varía dependiendo de la ubicación geográfica (Stark y Firestone, 1996; Dalias et al., 2002) y la profundidad del suelo (Grundmann et al., 1995). Esta variación es aparentemente causada por la adaptación de las bacterias al ambiente. Consecuentemente, suelos de áreas frías tienen una temperatura óptima menor para la nitrificación que suelos de áreas más calidas. Similarmente, suelos con horizontes profundos, los cuales son usualmente expuestos a bajas temperaturas, poseen temperaturas óptimas menores para el proceso de la nitrificación que los horizontes superficiales (Grundmann et al., 1995).

Quizás la mejor variable para expresar el efecto del contenido de agua del suelo sobre la nitrificación, es el porcentaje de espacio poroso ocupado con agua (WFPS-*water filled pore space)*. Los nitrificadores necesitan agua y oxígeno para llevar a cabo la oxidación del amonio y nitrato. Las condiciones óptimas para la oxidación se han encontrado alrededor de 37-60% de WFPS (Grundmann et al., 1995). Por arriba del óptimo de contenido de agua del suelo, la nitrificación decrece y se incrementa la tasa de desnitrificación. Existe una fuerte interacción entre la temperatura y el contenido de agua del suelo en la tasa de nitrificación.

El pH del suelo tiene un efecto fuerte en la tasa de nitrificación. En general, la nitrificación se detiene una vez que los valores de pH caen debajo de 4.5 o se incrementan por arriba de 9. La inhibición observada a bajos valores de pH puede ser causada por elevados niveles tóxicos de Al o altas concentraciones de ácido nitroso. En contraste, la inhibición observada con valores de pH elevados, es generalmente causada por altos niveles de amonio en la solución del suelo (Anthonisen et al., 1976). Estos niveles elevados de amonio pueden ocurrir con fertilizaciones en bandas, y pueden llegar a ocasionar retardos importantes en el proceso de nitrificación.

Los organismos nitrificadores son también sensibles al potencial osmótico, y comienzan a decrecer su actividad cuando el potencial alcanza valores cercanos a 1.5 atmósferas (atm). Una inhibición completa se produce cuando el potencial osmótico se encuentra dentro del rango de 5 a 50 atm (Darrah et al., 1987). Un elevado potencial osmótico puede ocurrir cuando la fertilización se realiza en bandas, lo que produce altas concentraciones de amonio y puede retardar la nitrificación del amonio aplicado en forma de fertilizantes.

Test de Nitratos en V5-V6 en el Cultivo de Maíz

El test de nitratos V5-V6 fue desarrollado por Magdoff (1991) en Vermont, EE.UU., y consiste en determinar el contenido de nitratos del suelo a una profundidad de 30 cm, cuando el maíz se encuentra con 15-30 cm de altura (estados V5 a V6). La acumulación de nitratos en el suelo, en ese estado de desarrollo del maíz, es un indicador de la capacidad del suelo de proveer N disponible para la planta, a través de la mineralización y subsiguiente nitrificación. El nivel crítico de nitratos en el suelo se ha documentado dentro del rango 17-25 mg kg^{-1} para una amplia área geográfica. En general, la ausencia de respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados es esperada cuando se encuentra por encima de los niveles críticos, mientras que se esperan respuestas a la fertilización N cuando el contenido de nitratos en el suelo es inferior al nivel crítico. Muchas calibraciones fueron llevadas a cabo en diferentes regiones para determinar las tasas de aplicación de N, cuando el test indica niveles inferiores a los críticos.

Magdoff (1991) identificó una condición bajo la cual el test de nitratos V5-V6 puede llevar a una aplicación insuficiente de fertilizante N, y dos condiciones donde se pueden ocasionar excesos de fertilización. La condición de insuficiente aplicación se manifiesta cuando ocurren altas precipitaciones luego de la toma de muestras, lo que ocasiona una lixiviación de los nitratos de la zona radicular. En ese caso, un nivel de nitratos superior al crítico podría indicar que no es necesaria la práctica de fertilización con N. La primera condición de aplicación en exceso es cuando ocurren altas precipitaciones antes de la toma de muestras, lo que lixivia los nitratos de la zona de muestreo (30 cm), pero no siempre de la zona radicular (área de influencia de las raíces). En este caso, el análisis de nitratos debajo del nivel crítico indica una necesidad de N adicional, pero el cultivo no responde al agregado de ese nutriente debido a que puede acceder al nitrato en otra zona. Así, para identificar esta situación, uno podría monitorear las precipitaciones o el contenido de agua en el suelo, y relacionar esto con las condiciones "promedio". La segunda condición se da cuando el clima es frío y húmedo previamente a la toma de muestras

(resultando en bajas tasas de mineralización de N) y es seguido por clima más cálido después de la toma de muestras, resultando en elevadas tasas de mineralización de N. En estos casos, niveles de nitratos inferiores al crítico podrían indicar la necesidad adicional de N, pero el cultivo no respondería debido a que la disponibilidad de N se incrementó por mineralización posterior al muestreo de suelos. Estas condiciones por las cuales se producen fallas, también podrían ser aplicadas cuando el test se realiza justo antes de la siembra del maíz (test de nitratos en pre-siembra), en lugar de realizarse en el estado de V5-V6 de desarrollo y crecimiento del cultivo. Brouder y Mengel (2003) reportaron resultados de sus estudios con maíz e información de nitratos en suelo a partir de 301 sitios experimentales localizados en Ohio, Michigan, Illinois, Wisconsin, Iowa, Minnesota, Kansas, Nebraska, North Dakota, y South Dakota. El análisis de nitratos V5-V6 respondió correctamente en los sitios en un 67% de los casos puestos a prueba (esto significa, que el test indicó la necesidad de N adicional cuando fue requerido y el cultivo respondió). En 1% de los casos, el análisis indicó que no era necesaria la aplicación adicional de N, pero los rendimientos se redujeron expresándose deficiencia de N (aplicaciones insuficientes). Las fallas pueden haberse ocasionado por situaciones en las cuales se produjeron precipitaciones superiores al promedio en forma posterior a la realización del muestreo, resultando en una lixiviación del nitrato fuera de la zona de influencia radicular. En el 32% remanente de los casos, el análisis indicó necesidad pero el cultivo no respondió al agregado adicional de N con fertilizantes (aplicaciones excesivas). Las fallas que se producen pueden ser ocasionadas por situaciones con bajas tasas de mineralización antes de la toma de muestras, seguidas por altas tasas con posterioridad al muestreo, o altas precipitaciones antes de la extracción de muestras que lixivia los nitratos fuera de los primeros 30 cm pero no de la zona radicular. En el mismo estudio, con el test de nitratos en pre-siembra se observaron 61% de casos exitosos y un 39% de fallas. Estos errores fueron del tipo de exceso de aplicación, cuando se indicaba una mayor necesidad pero el cultivo no respondió al agregado de fertilizante.

Andraski y Bundy (2002) analizaron información proveniente de 101 sitios experimentales con maíz conducidos en Wisconsin. Asumiendo que el test de nitratos V5-V6 funcionaba correctamente cuando se tenía en cuenta una dosis considerada como optima económica (DOE) de 34 kg N ha^{-1}, si la recomendación era realizar aplicaciones superiores de 34 kg N ha^{-1}, se asumía que el test llevaría a aplicaciones excesivas de N (Fig. 6). Similarmente, si la recomendación era menor a la dosis optima económica, se asumía que el test llevaría a aplicaciones insuficientes de N. Las recomendaciones fueron correctas en 58% de los experimentos analizados, alcanzando aplicaciones excesivas en 36%, e insuficientes en 6% de los casos. Estos resultados son similares a los observados en Brouder y Mengel (2003).

Andraski y Bundy (2002) examinaron las temperaturas de los sitios experimentales durante los meses de Mayo y Junio, lo que aproximadamente corresponde al período entre siembra y la toma de muestras para realizar el análisis de nitratos en V5-V6. Ellos dividieron los sitios de estudio en dos grupos, un grupo con temperaturas promedio o superiores para Mayo-Junio, y un segundo grupo con temperaturas medias menores en 0.56°C, o más, para Mayo-Junio. Sus resultados mostraron que el porcentaje de sitios experimentales con aplicaciones excesivas de N fue de 16% en el grupo uno, mientras que en el grupo donde las temperaturas fueron inferiores las aplicaciones fueron excesivas en el 59% de los casos. El porcentaje de sitios con aplicaciones correctas fue de 76% en el grupo uno y 37% para los casos del grupo dos. Los autores indicaron que la influencia de la temperatura sobre el análisis de nitratos en V5-V6 fue mayormente relacionada con una disminución de la mineralización con antelación a la toma de muestras.

Andraski y Bundy (2002) indicaron que debido a que el análisis de nitratos en V5-V6 es llevado a cabo en un rango de altura de planta, esto asume que una variación mínima en el análisis causada por la temperatura se podría reflejar en la altura de la planta. Sin embargo, sus resultados muestran que no hay una relación directa entre la altura de la planta en esos estadios y la mineralización neta de N, debido a que las temperaturas más frías en etapas tempranas de crecimiento disminuyen la mineralización de N en mayor proporción que el crecimiento de la planta. Los autores concluyen que investigaciones adicionales son requeridas para evaluar el efecto relativo de temperaturas más frías sobre el crecimiento de la planta y la mineralización del N del suelo.

Estos resultados parecen indicar que una razón principal de sobre-estimación del análisis de nitratos en V5-V6, podría ser la ocurrencia de temperaturas más frías en estaciones de crecimiento tempranas, las cuales disminuyen la mineralización inicial. Bajo estas condiciones, el análisis podría parecer tener niveles críticos menores que bajo condiciones promedio. Así, si las condiciones de mineralización podrían ser monitoreadas, los agrónomos podríamos estar habilitados de realizar ajustes en la recomendación del análisis. Debido a que la temperatura y el contenido hídrico del suelo son los dos principales factores que afectan la mineralización del N, el uso de un índice que incorpora estos dos factores podría ser de utilidad para describir las condiciones existentes para la mineralización de N, entre siembra y toma de muestras, para el análisis de nitratos en V5-V6.

Un índice para la mineralización de N podría ser obtenido calculando diariamente la temperatura y la humedad como se describe en las Figuras 2 y 3, multiplicando ambos factores, y adicionando los resultados obtenidos diariamente para el período de investigación de nuestro interés. Por ejemplo, si la temperatura media para el primer día es de 15°C, el factor que se obtiene de la ecuación 1, el factor

temperatura sería igual a 0.30. Similarmente, si el contenido de agua relativa (CAR) para el primer día es de 0.2, utilizando la ecuación 2, el factor humedad sería 0.59. La combinación de factores de mineralización para ese día se obtiene de la multiplicación entre 0.3 * 0.59= 0.177. Si la temperatura media para el segundo día es de 17°C y la CAR es de 0.18, la combinación del factor de mineralización sería de 0.37*0.57= 0.210. Por lo tanto, el índice de mineralización de N durante esos dos días sería igual a la sumatoria entre 0.177 + 0.210 = 0.387. Este índice podría ser llamado *Días de Mineralización* (MD), debido a que representa el número de días durante el cual la mineralización del N podría proceder a su máxima tasa posible para el período de interés. Si el índice de mineralización de N fuera calibrada en forma computada a través de varios estudios para el análisis de nitratos en V5-V6, sería entonces posible identificar las situaciones donde las condiciones para la mineralización entre siembra y V5-V6 fueran menores que la adecuada, alcanzando una menor acumulación de nitratos en el suelo (Fig. 7). Debido a que bajo esas condiciones el nivel crítico para el análisis puede ser menor, sería posible derivar una relación entre los días de mineralización (MD) y el nivel crítico para el análisis de nitratos en V5-V6, como se observa en la Figura 8.

Estos resultados discutidos ilustran la dificultad de generalizar las relaciones para estimar la cantidad de N disponible para las plantas que será liberado durante la estación de crecimiento del cultivo. Las condiciones climáticas pueden alterar no solamente la dinámica del N, sino también la respuesta del cultivo al fertilizante N (Kay et al., 2006). Por lo tanto, es necesario tener en cuenta el efecto de las condiciones ambientales sobre la dinámica del N en el suelo y el crecimiento del cultivo. Entendiendo la complejidad del sistema, la situación ideal para el manejo de decisiones respecto a aplicaciones de N, podría incluir el uso de modelos de simulación que utilice información en tiempo real. El desarrollo de estaciones climáticas a través de todas las regiones puede facilitar la recolección de información y hacer más sencillo la utilización de los modelos de simulación. Por ejemplo, el Dr. Gerritt Hoogenboom de la Universidad de Georgia ha establecido una red de estaciones experimentales a través del estado de Georgia y ha desarrollado un modelo de crecimiento de cultivo, que se puede correr a través de Internet (www.griffin.uga.edu/aemn/). Un productor o consultor puede acceder a este sitio Web, seleccionar la estación experimental más cercana, ingresar la fecha de siembra y la información de fertilización del cultivo de interés, y correr el modelo para obtener el crecimiento del cultivo y realizar estimaciones de rendimiento bajo condiciones ambientales normales, malas y muy buenas. Este es el primer paso para poder utilizar modelos de manejo de cultivos por Internet. Así, a medida que los equipamientos de monitores de humedad y temperatura de suelo se vuelvan más accesibles económicamente, esto haría posible para productores y consultores obtener información ambiental más específica y, entonces, utilizarla para la simulación de crecimiento de cultivos mediante el uso de modelos, facilitando la toma de decisiones en el manejo de los cultivos.

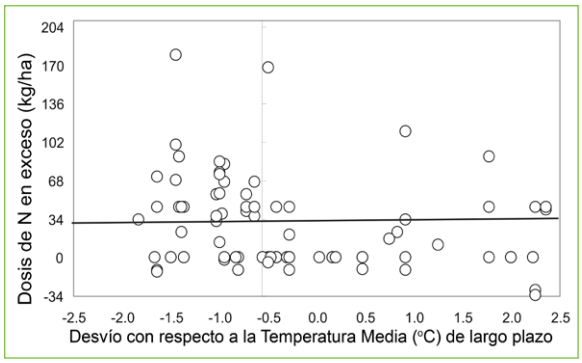


Figura 6. Dosis en exceso de la dosis de N optima en función de la desviación de la temperatura media de Mayo y Junio con respecto a la temperatura media de largo plazo. Se observa un mayor porcentaje de dosis en exceso (> 34 kg N ha^{-1}) cuando el desvio negativo de la temperatura media de Mayo y Junio es mayor de 0.56°C (adaptado de Andraski y Bundy, 2002).

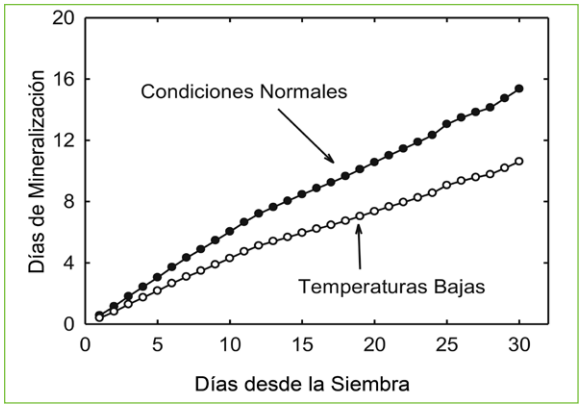


Figura 7. Días de mineralización versus Días desde la Siembra, para condiciones normales y para condiciones con temperaturas por debajo de lo normal.

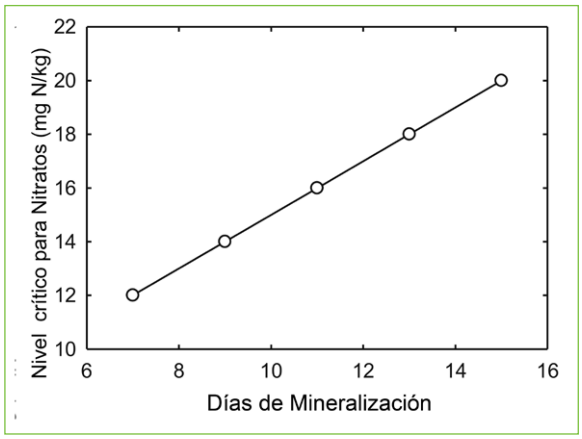


Figura 8. Relación hipotética entre el nivel critico para nitratos en el suelo y días de mineralización.

Referencias

Anthonisen A.C., R.C. Loehr, T.B.S. Prakasam y E.G. Srinath. 1976. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. J. Water Pollut. Contr. Fed. 48:835-852.

Alexander M. 1977. Introduction to soil microbiology. 2nd edition, John Wiley & Sons, New York, NY.

Appel T. 1997. Non-biomass soil organic N – the substrate for N mineralization flushes following soil drying-rewetting and for organic N rendered $CaCl_2$-extractable upon soil drying. Soil Biol. Biochem. 30:1445-1456.

Brouder S.M. y D.B. Mengel. 2003. The presidedress soil nitrate test for improving N management in corn. Purdue University Cooperative Extension Service, AY-314-W, Purdue, IN.

Burgess M.S., G.R.Mehuys y C.A. Madramootoo. 2002. Nitrogen dynamics of decomposing corn residue components under three tillage systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 66:1350-138.

Cabrera M.L. 1993. Modeling the flush of nitrogen mineralization caused by drying and rewetting soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 57:63-66.

Clein J.S. y J.P. Schimel. 1993. Reduction in microbial activity in Birch litter due to drying and rewetting events. Soil Biol. Biochem. 26:403-406.

Constantinides M. y J.H. Fownes. 1994. Nitrogen mineralization from leaves and litter or tropical plants: relationships to nitrogen, lignin, and soluble polyphenol concentrations. Soil Biol. Biochem. 26:49-55.

Corbeels M., G. Hofman y O. Van Cleemput. 1999. Simulation of net N immobilization and mineralization in substrate-amended soils by the NCSOIL computer model. Biol. Fertil. Soils 28:422-430.

Dalias P., J.M. Anderson, P. Bottner y M-M Coueaux. 2002. Temperature responses of net N mineralization and nitrification in conifer forest soils incubated under standard laboratory conditions. Soil Biol. Biochem. 34: 691-701.

Darrah P.R., P.H. Nye y R.W. White. 1987. The effect of high solute concentrations on nitrification rates in soil. NEED REFERENCE

De Neve S. y G. Hofman. 1996. Modelling N mineralization of vegetable crop residues during laboratory incubations. Soil Biol. Biochem. 28:1451-1457.

Dharmakeerthi R.S, B.D. Kay y E.G. Beauchamp. 2005. Factors contributing to changes in plant available nitrogen across a variable landscape. Soil Sci. Soc. Am. J. 69:453-462.

Doel D.S., C.W. Honeycutt y W.A. Halteman. 1990. Soil water effects on the use of heat units to predict crop residue carbon and nitrogen mineralization. Biol. Fertil. Soils 10:102-106.

Drury C.F., T. Zhang y B.D, Kay. 2003. The non-limiting and least-limiting water ranges for soil N mineralization: Measurement and effects of sol texture, compaction and legume residue addition. Soil Scie. Soc. Am. J. 67:1388-1404.

Egelkraut T.M., D.E. Kissel, M.L. Cabrera y W. Adkins. 2003. Predicting N mineralized in a Georgia Coastal Plain Field. Nutrient Cyling in Agroecosystems 66:1-12.

Ellert B.H. y J.R. Bettany. 1988. Comparison of kinetic models for describing net sulfur and nitrogen mineralization. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:1692-1702.

Ferris H., R.C. Venette, H.R. van der Meulen y S.S. Lau. 1998. Nitrogen mineralization by bacterial-feeding nematodes: Verification and measurement. Plant and Soil 203:159-171.

Gilmour J.T., C.G. Cogger, L.W. Jacobs, G.K. Evanylo y D.M. Sullivan. 2003. Decomposition and plant-available nitrogen in biosolids: laboratory studies, field studies, and computer simulation. J. Environ. Qual. 32:1498-1507.

Gonçalves J.L.M. y J.C. Carlyle. 1994. Modelling the influence of moisture and temperature on net nitrogen mineralization in a forested sandy soil. Soil Biol. Biochem. 26:1557-1564.

Green C.J. y A.M. Blackmer. 1995. Residue decomposition effects on nitrogen available to corn following corn or soybean. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1065-1070.

Griffin T.S., C.W. Honeycutt y Z. He. 2002. Effects of temperature, soil water status, and soil type on swine slurry nitrogen transformations. Biol. Fertil. Soils 36:442-446.

Griffiths B.S., R.W. Wheatley, T. Olesen, K. Henriksen, F. Ekelund y R. Rønn. 1998. Dynamics of nematodes and protozoa following the experimental addition of cattle or pig slurry to soil. Soil Biol. Biochem. 30:1379-1387.

Grundmann G.L., P. Renault, L. Rosso y R. Bardin. 1995. Differential effects of soil water content and temperature on nitrification and aeration. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1342-1349.

Hassink J. 1994. Effect of soil texture on the size of the microbial biomass and on the amount of C and N mineralized per unit of microbial biomass in Dutch grassland soils. Soil Biol. Biochem. 26:1573-1581.

Hassink J., A.M. Neutel y P.C. De Ruiter. 1994. C and N mineralization in sandy and loamy grassland soils: The role of microbes and microfauna. Soil Biol. Biochem. 26:1565-1571.

Katterer T., M. Reichstein, O. Andren y A. Lomander. 1998. Temperature dependence of organic matter decomposition: a critical review using literature data analyzed with different models. Biol. Fertil. Soils 27:258-262.

Kay B.D., A.A. Mahboubi, E.G. Beauchamp y R.S. Dharmakeerth. 2006. Integrating soil and weather data to describe variability in plant available nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:1210-1221.

Kirschbaum M.U. 1994. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. Soil Biol. Biochem. 27:753-760.

Knoepp J.D. y W.T. Swank. 2002. Using soil temperature and moisture to predict forest soil nitrogen mineralization. Biol. Fertil. Soils 36:177-182.

Kruse J., D. Kissel y M. Cabrera. 2004. Effects of drying and rewetting on C and N mineralization in soils and incorporated residues. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 69:247-256.

Kuikman P.J., A.G. Jansen y J.A. Van Veen. 1991. 15-N Nitrogen mineralization from bacteria by protozoan grazing at different soil moisture regimes. Soil Biol. Biochem. 23:193-200.

Lerch R.N., K.A. Barbarick, L.E. Sommers y G.G. Westfall. 1992. Sewage sludge proteins as labile carbon and nitrogen sources. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1470-1476.

Linn D.M. y J.W. Doran. 1984. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 1667-1672.

Magdoff F.R. 1991. Understanding the Magdoff pre-sidedress nitrate test for corn. J. Prod. Agric. 4:297-305.

Magid J., Kjaergaard, A. Gorissen y P.J. Kuikman. 1999. Drying and rewetting of a loamy soil did not increase the turnover of native organic matter, but retarded the decomposition of added 14C-labelled plant material. Soil Biol. Biochem. 31:595-602.

Myers R.J.K., C.A. Campbell y K.L. Weier. 1982. Quantitative relationship between net nitrogen mineralization and moisture content of soils. Can. J. Soil Sci. 62:111-124.

Palm C.A.y P.A. Sanchez. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. Soil Biol. Biochem. 23:83-88.

Pulleman J. y A. Tietema. 1999. Microbial and N transformations during drying and rewetting of coniferous forest floor material. Soil Biol. Biochem. 31:275-285.

Quemada M. y M.L. Cabrera. 1997. Temperature and water effects on nitrogen mineralization from surface-applied cover crop residues. Plant and Soil 189:127-137.

Quemada M., y M.L. Cabrera. 1997. Nitrogen released from cover crop residues under no-till conditions: evaluating the CERES-N submodel. Agron. J. 89:723-729.

Recous S., D. Robin, D. Darwis y B. Mary. 1995. Soil inorganic N availability: Effect on maize residue decomposition. Soil Biol. Biochem. 27:1529-1538.

Rodrigo A., S. Recous, C. Neel y B. Mary. 1997. Modelling temperature and moisture effects on C-N transformations in soils: comparison of nine models. Ecol. Model. 102: 325.339.

Rowell D.M., C.E. Prescott y C.M. Preston. 2001. Decomposition and nitrogen mineralization from biosolids and other organic materials: relationship with initial chemistry. J. Environ. Qual. 30:1401-1410.

Savin M.C., J.H. Görres, D.A. Neher y J.A. Amador. 2001. Uncoupling of carbon and nitrogen mineralization: role of microbivorous nematodes. Soil Biol. Biochem. 33:1463-1472.

Schjonning P., Thomsen, J.P. Mobert, H de Jonge, K. Kreisensen y B.T. Christensen. 1999. Turnover of organic matter in differently textured soils: I. Physical characteristics of structurally disturbed and intact soils. Geoderma 89:177-198.

Schomberg H.H., J.L. Steiner y P.W. Unger. 1994. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: Residue quality and water effects. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:372-381.

Seneviratne G. 2000. Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture: A synthesis. Biol. Fertil. Soils 31:60-64.

Sierra J. 1997. Temperature and soil moisture dependence of N mineralization in intact soil cores. Soil Biol. Biochem. 29:1557-1563.

Stark J. y M. Firestone. 1996. Kinetic characteristics of ammonium-oxidizer communities in a California oak woodland-annual grassland. Soil Biol. Biochem. 28: 1307-1317.

Thomsen I.K., Schjønning, B. Jensen, K. Kristensen y B.T. Christensen. 1999. Turnover of organic matter in differently textured soils: II Microbial activity as influenced by soil water regimes. Geoderma 89:199-218.

Thuriès L., M. Pnasu, M-C. Larré-Larrouy y C. Feller. 2002. Biochemical composition and mineralization kinetics of organic inputs in a sandy soil. Soil Biol. Biochem. 34:239-250.

Vigil M.F. y D.E. Kissel. 1991. Equations for estimating the amount of nitrogen mineralized from crop residues. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:757-761.

Van Gestel M. R. Merckx y K. Vlassak. 1996. Spatial distribution of microbial biomass in microaggregages of a silty-loam soil and the relation with the resistance of microorganisms to soil drying. Soil Biol. Biochem. 28:503-510.

Van Veen J.A., J.N. Ladd y M. Amato. 1985. Turnover of carbon and nitrogen through the microbial biomass in a sandy soil and a clay soil incubated with [14C(U)]Glucose and [15N] (NH4)2SO4 under different moisture regimes. Soil Biol. Biochem. 17:747-756.

Whitmore A.P. 1996. Modeling the release and loss of nitrogen after vegetable crops. Neth. J. Agric. Sci. 44:73-86.

Whitmore A.P. y J.J.R. Groot. 1997. The decomposition of sugar beet residues: mineralization versus immobilization in contrasting soil types. Plant and Soil. 192:237-247.

Zak D.R., W.W. Holmes, N.W. MacDonald y K.S. Pregitzer. 1999. Soil temperature, matric potential, and the kinetics of microbial respiration and nitrogen mineralization. Soil Sci. Soc. Am. J. 63:575-584.

Zibilske L.M. y L.A. Materon. 2005. Biochemical properties of decomposing cotton and corn stems and root residues. Soil Sci. Soc. Am. J. 69:378-386.

Uso de cloruro de potasio y producción de trigo en la pampa arenosa

M. Díaz-Zorita[1,2,3], G. Duarte[1], M.V. Fernández Canigia[1] y C. Brambilla[1]
[1]DZD Agro., [2]FAUBA-CONICET y [3]Nitragin Argentina S.A.
mdzorita@speedy.com.ar

Estudios iniciados en 1997 en la región de la pampa arenosa muestran que la fertilización en superficie ("al voleo") con cloruro de potasio (KCl) permite mejoras en los rendimientos de trigo *(Triticum aestivum L.*). Ensayos exploratorios desarrollados en la región sugieren que estas respuestas a la aplicación de KCl se atribuirían a los aportes de cloruros (Cl^-) coincidiendo con investigaciones realizadas en la región triguera de los EE.UU. en suelos de alta disponibilidad de potasio (K) tal como los predominantes en la región pampeana. El cloro (Cl^-) es un elemento esencial requerido por las plantas para su crecimiento e interviene en varias funciones tales como la regulación de procesos de ósmosis (tolerancia a sequías), en el desarrollo de la planta y en la reducción de incidencia de enfermedades. Por lo tanto, los efectos benéficos de la aplicación de Cl^- se atribuyen tanto a su contribución nutricional directa como también indirectamente a una menor incidencia de enfermedades de hoja. Son varios los estudios que muestran respuestas a la fertilización con KCl en cultivos tratados con fungicidas y con resultados variables dependiendo del genotipo de trigo cultivado.

"Los resultados de la evaluacion de KCl en trigo en 2005 y 2006 en la región de la pampa arenosa corroboran observaciones anteriores con aumentos de producción de trigo del orden del 5% sobre el control sin fertilización en aproximadamente el 60% de los casos tratados, fundamentalmente en suelos de texturas gruesas, y con una menor observación de enfermedades foliares."

Si bien la información regional en cuanto a la fertilización con KCl es abundante mostrando su contribución a la mejora de los rendimientos del trigo, son escasas las herramientas de diagnóstico para elaborar estrategias eficientes de recomendación. Nuestro objetivo fue identificar factores de manejo del cultivo (genotipo, uso de funguicidas foliares, etc.) y de ambiente (ubicación del sitio, propiedades de suelo, etc.) que contribuyan a discriminar entre diferentes probabilidades de respuesta a la fertilización con KCl en sistemas de producción representativos de la región de la pampa arenosa.

Materiales y Métodos

Campaña 2005

En la campaña triguera 2005, los estudios se desarrollaron en 4 sitios experimentales en suelos que fueron clasificados como Haplustol Petrocálcico con capa de tosca a 1.4 m de profundidad en Colonia Barón (LP), Hapludol Típico en General Villegas (BA), Hapludol Entico en América (BA) y Haplustol Típico en Trenque Lauquen (BA). En todos los casos, los cultivos de trigo fueron sembrados durante la segunda quincena de junio del 2005 bajo prácticas continuas de cero labranza, con soja (*Glycine max* (L.) Merrill) como cultivo antecesor y fertilizados con fósforo, nitrógeno y azufre.

Se evaluaron 3 tipos de tratamientos: (i) dosis de KCl (0, 50, 100 y 150 kg/ha en superficie luego de la siembra de los cultivos), (ii) uso de funguicida foliar en el estadio Z39 (con y sin Epoxiconazole 0.125 + Kresoxim-metil 0.125 a razón de 600 cc/ha con 100 l/ha de agua) y (iii) genotipos de ciclo corto o largo. Los pares de variedades cultivadas fueron en Colonia Barón Nidera Baguette 10 y Don Mario Cronox, en General Villegas Nidera Baguette 10 y Klein Capricornio, en América Nidera Baguette 10 y Don Mario Cronox y en Trenque Lauquen Klein Escorpión y Don Mario Onix.

En cada sitio, los suelos fueron caracterizados en el momento de la siembra determinando los contenidos de fósforo extractable (Bray Kurtz-1), materia orgánica y cationes intercambiables (calcio, magnesio, potasio, sodio) en la capa de 0 a 20 cm de espesor. Además se determinó la concentración de cloruros extractables y pH en agua en las capas de 0 a 20, 20 a 40 y 40 a 60 cm de profundidad.

En los cultivos se determinó la incidencia (porcentaje de hojas con presencia de la enfermedad) y severidad (porcentaje sobre el área de cada hoja) de roya y mancha amarilla. Las evaluaciones se realizaron en el momento de la aplicación de los tratamientos de funguicidas y se consideraron la hoja bandera, segunda y tercera hoja de 10 plantas por parcela. En estadios de madurez fisiológica se determinaron la producción de granos y componentes del rendimiento (número de granos y su peso individual).

En cada sitio, el diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones y parcelas de al menos 2.5 m de ancho por 10 m de longitud. Los resultados se analizaron por ANVA, pruebas de diferencias de medias y análisis de regresión.

Campaña 2006

En la campaña triguera 2006, los estudios se desa-

Tabla 1. Ubicación y características generales de manejo de los sitios experimentales instalados durante la campaña 2006.

Sitio	Establecimiento	Lote	Localidad (pcia.)	Variedad	Fecha de siembra
1	La Margarita	La Legua	América (Bs.As.)	Don Mario Cronox	30-Jun-06
2	La Margarita	Don Julian 2	América (Bs.As.)	Don Mario Cronox	26-Jun-06
3	La Mirta	7	América (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	22-Jun-06
4	La Julita	17	América (Bs.As.)	Don Mario Cronox	22-Jun-06
5	El Chispazo	12	América (Bs.As.)	Don Mario Cronox	25-Jul-06
6	El Chispazo	6	América (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	5-Jun-06
7	El Chispazo	4	América (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	3-Jun-06
8	La Dulce	19	América (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	4-Jun-06
9	El Marne	1	América (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	9-Jun-06
10	La Emilia	3	América (Bs.As.)	Don Mario 1100	8-Jun-06
11	La Emilia	5	América (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	13-Jun-06
12	La Justina	2N	América (Bs.As.)	Don Mario Cronox	22-Jun-06
13	La Justina	9E	América (Bs.As.)	Don Mario Cronox	23-Jun-06
14	El Amparo	7	América (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	5-Jun-06
15	El Amparo	5	América (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	5-Jun-06
16	San Andres	2	Catriló (La Pampa)	Nidera Baguette 11	17-Jun-06
17	La Punilla	12B	Colonia Barón (La Pampa)	Nidera Baguette 11	16-Jun-06
18	La China	3	Trenque Lauquen (Bs.As.	Nidera Baguette 11	10-Jun-06
19	La China	4	Trenque Lauquen (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	10-Jun-06
20	La China	5	Trenque Lauquen (Bs.As.)	Nidera Baguette 11	10-Jun-06

Tabla 2. Propiedades edáficas (0 a 20 cm) en el momento de la siembra de los sitios experimentales instalados durante la campaña 2006. Pe = P extractable (Bray Kurtz 1), Ke = potasio extractable, MO = materia orgánica, F = franco, FA = franco arenosa, AF = arenosa franca.

Sitio	pH en agua	$N\text{-}NO_3$ 0 a 40 cm	Pe	Cl^-	Ke	MO	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
		kg/ha	ppm		meq/ 100gr	--------% --------				
1	6,9	29	23,4	33,2	2,1	1,82	14	38	48	F
2	6,6	54	7,5	73,9	1,9	2,64	10	36	54	FA
3	6,9	22	23,4	18,5	1,8	1,82	14	34	52	FA
4	6,8	34	13,0	12,9	1,9	2,06	10	30	60	FA
5	6,7	48	8,8	20,3	1,6	2,90	6	35	59	FA
6	6,6	18	14,5	12,9	1,5	2,38	4	30	66	FA
7	6,5	29	12,4	20,3	2,1	5,02	8	44	48	F
8	6,7	30	14,0	25,8	1,7	1,62	6	28	66	FA
9	6,8	22	16,0	16,6	1,9	1,50	10	28	62	FA
10	6,7	25	12,9	9,2	1,9	1,62	11	29	60	FA
11	6,5	29	11,2	9,2	1,4	1,68	5	34	61	FA
12	6,5	31	18,5	35,1	2,0	1,56	6	30	64	FA
13	6,5	45	23,1	48,0	2,4	1,98	6	26	68	FA
14	6,8	29	18,0	18,5	2,1	1,80	4	30	66	FA
15	6,9	23	18,0	22,2	1,4	1,22	6	30	64	FA
16	6,8	28	8,8	12,9	1,5	1,10	6	18	76	AF
17	6,8	22	5,5	3,5	1,8	1,72	14	26	60	FA
18	6,5	36	8,9	13,3	1,7	1,74	10	38	52	FA
19	6,4	52	9,5	60,3	2,1	2,86	6	36	58	FA
20	6,6	68	8,7	48,9	2,3	1,98	8	34	58	FA

rrollaron en 20 sitios experimentales (Tablas 1 y 2) sembrados bajo prácticas continuas de cero labranza, con soja *(Glycine max* (L.) Merrill) como cultivo antecesor y fertilizados con fósforo, nitrógeno y azufre.
En los cultivos se determinó la incidencia (porcentaje de hojas con presencia de la enfermedad) y severidad (porcentaje sobre el área de cada hoja) de roya y mancha amarilla. Las evaluaciones se realizaron en el momento de la aplicación de los tratamientos de funguicidas y se consideraron la hoja bandera, segunda y tercera hoja de 10 plantas por parcela. En estadios de madurez fisiológica se determinaron la producción de granos y componentes del rendimiento (número de granos y su peso individual).
En cada sitio se instalaron 2 tratamientos: (i) control sin fertilización con KCl y (ii) fertilización con 100 kg/ha de KCl, con un diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones y parcelas de al menos 2.5 m de ancho por 10 m de longitud. Los resultados se analizaron por ANVA, pruebas de diferencias de medias y análisis de regresión.

Resultados

Campaña 2005

En la mayoría de los sitios experimentales y cultivares estudiados durante la primer campaña de evaluación se describió la presencia de "roya" o de "mancha amarilla" con diferencias en incidencia y severidad dependiendo, entre otras variables, de las dosis de fertilización con KCl (Tabla 3). En promedio para las 8 condiciones estudiadas, incrementos en la dosis de KCl mostraron menor incidencia y severidad de ambas enfermedades destacándose una reducción similar en aproximadamente el 50% en la severidad de ambas enfermedades.
Al evaluar los efectos de la fertilización con KCl sobre los componentes del rendimiento y la producción de trigo se observaron interacciones asociadas al genotipo y tratamiento de aplicación de funguicidas foliares. En general, al fertilizar con KCl se alcanzó una mayor cantidad de espigas cosechables que en el control sin la aplicación de este tratamiento (Tabla 4).

Tabla 3. Promedio de incidencia y severidad de roya y mancha amarilla en trigo según dosis de fertilización con KCl en 8 cultivos de la región de la pampa arenosa.

	Dosis de KCl (kg/ha)							
	0	50	100	150	0	50	100	150
	Incidencia (%)				Severidad (%)			
Roya	24	18	15	13	6	2	3	3
Mancha amarilla	8	6	6	6	10	5	0	5

Tabla 4. Componentes del rendimiento y producción de grano en cultivos de trigo según tratamientos de fertilización con KCl en 2 variedades de trigo con y sin aplicación de funguicidas foliares en 3 sitios de la región de la pampa arenosa. Letras iguales o su ausencia en sentido horizontal indican que no hay diferencia significativa entre tratamientos de fertilización con KCl (LSD, α=0.10).

Genotipo de ciclo	Aplicación de funguicida foliar	Dosis de KCl (kg/ha)			
		0	50	100	150
		-------- Espigas/m^2--------			
Corto	No	532	545	539	540
	Si	484 b	537 ab	506 b	573 a
Largo	No	428	473	467	445
	Si	435 b	437 b	477 b	523 a
		-------- Número de granos/m^2--------			
Corto	No	11774 ab	12551 ab	12955 a	11321 b
	Si	11954	12271	11745	12669
Largo	No	11609	11543	10670	11605
	Si	11922	11545	11683	12371
		-------- Peso de granos (mg/grano)--------			
Corto	No	35.4 a	34.4 ab	34.9 a	33.6 b
	Si	34.5	34.0	34.4	34.6
Largo	No	36.5 bc	35.5 c	37.7 ab	38.0 a
	Si	35.7	37.5	37.8	37.4
		-------- Rendimiento (kg/ha) --------			
Corto	No	4150	4340	4560	3841
	Si	4152	4132	4031	4419
Largo	No	4139	4110	4041	4416
	Si	4304	4330	4410	4730

No obstante, el peso individual de los granos tendió a ser menor en los tratamientos de fertilización que en los controles resultando en efectos no significativos sobre los rendimientos (Tabla 4). Este comportamiento se atribuye en parte a las condiciones de ambiente durante los estadios de llenado de grano (balances hídricos negativos) dónde se habrían limitado los recursos disponibles para el normal llenado de los granos y, por lo tanto, atenuado las diferencias en productividad detectadas durante estadios de desarrollo temprano de los cultivos.

En la mayoría de los casos se describieron respuestas a la fertilización con KCl alcanzándose aumentos de hasta 1564 kg/ha y hasta 44% sobre los rendimientos del control sin aplicación de este fertilizante. La aplicación de altas dosis de KCl (100 o 150 kg/ha) se asociaron con mayor frecuencia a los casos con respuesta. El manejo sanitario o la variedad cultivada no mostraron efectos de relevancia sobre la respuesta a la aplicación de KCl. En la medida que los rendimientos del control fueron mayores, la respuesta a la fertilización con KCl también lo fue (Fig. 1).

Si bien se observó una tendencia a menor respuesta máxima a la aplicación de KCl en la medida que se registraron mayores contenidos de cloruros o de K intercambiable en los suelos estudiados (Tabla 5) estas relaciones no fueron significativas. Este comportamiento estaría posiblemente explicado por la disponibilidad de sólo 4 sitios experimentales y un estrecho rango de variabilidad de propiedades edáficas. También se observó que la máxima respuesta a la fertilización con KCl se podría vincular con menor oferta de Ca intercambiable o condiciones de mayor oferta de Mg sugiriendo que, en estudios posteriores, además de la inclusión de un rango mayor de ambientes para estudio sería conveniente considerar estudios que vinculen textura y concentraciones de cationes del complejo de intercambio.

En promedio, el 30% de los casos con mayor respuesta a la aplicación de KCl se correspondieron con siembras de la variedad Nidera Baguette 10 y condiciones de producción de los controles sin KCl de menor rendimiento que los sitios dónde no se detectó

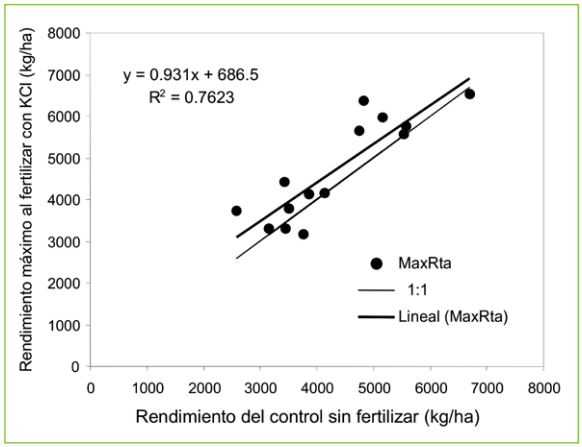


Figura 1. Rendimiento máximo de tratamientos con KCl según producción de grano de trigo en el control sin fertilización en condiciones experimentales de la región de pampa arenosa definidas por 2 tipos de genotipos, uso de funguicidas foliares y 4 tipos de suelos.

Tabla 5. Correlación entre propiedades del suelo y respuesta media máxima (RMX) o rendimiento relativo medio del control sin KCl (RR).

	Cl	Ca	K	Mg	Na	pH	MO
RR	0.34	0.23	0.49	-0.26	-0.50	0.41	-0.33
RMX	-0.14	-0.17	-0.34	0.43	0.69	-0.28	0.43

Tabla 6. Características medias del 30% de los sitios con mayor o menor respuesta a la fertilización con KCl durante la campaña 2005 en la región de la pampa arenosa.

	Casos	
	Con respuesta	Sin respuesta
Uso de funguicidas (%)	50	20
Variedad	Nidera Baguette 10 (75%)	Varias
Pe (ppm)	20.2	16.6
$S\text{-}SO_4$ (ppm)	7.2	6.4
$N\text{-}NO_3$ (kg/ha)	9.7	9.2
MO (%)	2.1	2.1
pH en agua	6.2	6.3
Ca (meq/100g)	5.8	5.8
Mg (meq/100g)	2	1.9
K (meq/100g)	1.9	2
Na (meq/100g)	0.5	0.5
Cl (ppm)	4.3	4.8
Rendimiento sin fertilizar con KCl (kg/ha)	3899	4718

respuesta al uso de KCl (Tabla 6). Se destaca que en este último grupo (caso sin respuesta), el uso de funguicidas foliares fue menos frecuente y que no se relacionó con una variedad en particular.
En la condiciones de este estudio se observó que en 9 de las 14 condiciones estudiadas (sitio x variedad x funguicida), la aplicación de KCl permitió aumentos de rendimiento superiores a los 50 kg/ha equivalentes a mejoras entre el 3 y 30 % de los rendimientos sin fertilizar con KCl. No obstante, este comportamiento no resultó uniforme en cuanto a la dosis de máxima respuesta como a las condiciones de mejor comportamiento según genotipos cultivados y tratamientos de aplicación de funguicidas.
Estos resultados corroboran que, en la región de la pampa arenosa, el uso de KCl aplicado en estadios de desarrollo temprano de los cultivos permitiría aumentos en rendimiento de trigo.
Si bien se detectó que al fertilizar con KCl la incidencia y severidad de roya y mancha amarilla decrecieron, las respuestas descriptas tanto en componentes del rendimiento como en producción de granos no mostraron efectos consistentes en relación con los tratamientos de aplicación de funguicidas. Incluso, 4 de los 5 casos con rendimientos menores a 50 kg/ha en respuesta al uso de KCl se correspondieron con condiciones de manejo sin uso de funguicidas.
Las respuestas de los cultivos en términos de sus componentes del rendimiento y la producción de granos mostró interacciones debidas a los cultivares de trigo. No obstante, la estrecha relación entre la máxima respuesta a la fertilización con KCl y la producción en el control, sugiere que el efecto genotipo estaría vinculado mayormente a la potencialidad productiva de estos más que a su comportamiento frente a enfermedades.
La información de suelos, si bien mostró tendencias asociadas a los contenidos de cloruros o algunos cationes de intercambio (K, Ca y Mg), no fue relevante para la detección de ambientes con diferente nivel de respuesta a la práctica de KCl.

Campaña 2006

Los rendimientos de trigo variaron entre 3223 y 6882 kg/ha con diferencias tanto entre sitios como entre tratamientos de fertilización con KCl (Tabla 7). En promedio, la aplicación superficial de KCl permitió aumentos de aproximadamente 240 kg/ha (5% sobre el control sin fertilizar) en el 75% de los casos estudiados independientemente del nivel de productividad media de cada sitio (Fig. 2). En los sitios con respuesta a esta práctica, se detectó un mayor número de granos al fertilizar con KCl siendo no significativas las diferencias en su peso individual (Tabla 8).
En general, los cultivos fertilizados con KCl mostraron menor severidad e incidencia de roya, mancha amarilla, septoria y Bipolares sorokinianas (Tablas 9 y 10). En los sitios dónde no se detectó respuesta al agregado de KCl se observó menor incidencia media de roya (*Puccinia recondita*), mancha amarilla

Tabla 7. Producción de grano de 20 cultivos de trigo de la región de la pampa arenosa según tratamientos de fertilización con 100 kg/ha de KCl durante la campaña 2006.

	Rendimiento (kg/ha)		Respuesta	
Establecimiento	Control	Con KCl	(kg/ha)	(%)
El Amparo 5	3665	3860	194	5
El Amparo 7	3797	3440	-358	-9
El Chispazo 12	4156	4581	425	10
E Chispazo 4	4547	4887	340	7
El Chispazo 6	5273	5438	165	3
El Marne 1	4286	4004	-282	-7
La China 3	5647	5888	241	4
La China 4	4455	4535	79	2
La China 5	4225	4300	75	2
La Dulce 19	3834	4164	330	9
La Emilia 3	4424	4138	-286	-6
La Emilia 5	5552	5418	-134	-2
La Julita 17	5164	5333	168	3
La Justina 2N	4926	5472	547	11
La Justina 9E	5094	5133	39	1
La Mirta 7	3223	3451	228	7
La Punilla 12B	3600	4040	440	12
LM Don Julian 2	6659	6882	222	3
LM La Legua	5362	5495	133	2
San Andrés 2	4648	4645	-2	0
Promedio	4627	4755	128	3

Tabla 8. Componentes del rendimiento de 20 cultivos de trigo de la región de la pampa arenosa según tratamientos de fertilización con 100 kg/ha de KCl durante la campaña 2006.

	Espigas/m²		Peso de granos (mg/grano)		Granos/m²	
Sitio	Control	Con KCl	Control	Con KCl	Control	Con KCl
La Margarita LL	512	585	36.7	37.7	14.6	14.6
La Margarita DJ2	745	626	38.3	36.7	17.4	18.8
La Mirta 7	493	410	30.0	30.0	10.7	11.5
La Julita 17	574	524	33.3	34.3	15.5	15.5
El Chispazo 12	477	505	33.3	36.7	12.5	12.5
El Chispazo 6	464	450	36.7	35.0	14.4	15.5
El Chispazo 4	475	576	38.3	37.7	11.9	13.0
La Dulce 19	382	424	35.0	34.3	11.0	12.1
El Marne 1	402	417	36.7	38.3	11.7	10.4
La Emilia 3	474	524	30.0	29.3	14.7	14.1
La Emilia 5	427	493	31.7	33.3	17.5	16.3
La Justina 2N	497	456	42.7	44.0	11.5	12.4
La Justina 9E	456	500	35.0	38.3	14.6	13.4
El Amparo 7	409	374	31.7	31.7	12.0	10.9
El Amparo 5	371	384	33.3	31.7	11.0	12.2
San Andres 2	438	449	30.0	35.0	15.5	13.3
La Punilla 12B	407	410	35.0	36.7	10.3	11.0
La China 3	432	496	36.7	35.0	15.4	16.8
La China 4	430	367	35.0	37.7	12.7	12.0
La China 5	345	404	35.0	33.3	12.1	12.9
Promedio	461	469	34.7	35.3	13.3	13.5

Tabla 9. Severidad relativa de las hojas bandera y bandera-1 de 20 cultivos de trigo de la región de la pampa arenosa según respuestas a tratamientos de fertilización con 100 kg/ha de KCl durante la campaña 2006.

			Respuesta a la fertilización	
Enfermedad	Tratamiento	Promedio	NO	SI
Roya	Control	1.3	0.3	1.5
	Con KCl	0.9	0.3	1.1
Mancha Amarilla	Control	2.3	1.9	2.3
	Con KCl	1.7	0.8	1.9
Septoria	Control	2.7	2.4	2.8
	Con KCl	1.8	1.5	1.9
Bipolaris sorokinianas	Control	1.1	1.5	1.0
	Con KCl	1.1	1.5	0.9

Tabla 10. Incidencia relativa de las hojas bandera y bandera-1 de 20 cultivos de trigo de la región de la pampa arenosa según respuestas a tratamientos de fertilización con KCl.

			Respuesta a la fertilización	
Enfermedad	Tratamiento	Promedio	NO	SI
Roya	Control	19.0	2.5	24.2
	Con KCl	15.0	0.8	19.0
Mancha Amarilla	Control	50.0	28.4	56.1
	Con KCl	45.0	21.6	51.5
Septoria	Control	16.0	18.4	15.9
	Con KCl	11.0	13.4	10.6
Bipolaris sorokinianas	Control	26.0	45.8	20.9
	Con KCl	25.0	44.3	19.9

(*Drechslera tritici-repentis*) y septoria (*Septoria tritici*) y mayor incidencia de *Bipolaris sorokinianas* (Tabla 9). En los sitios con respuesta en producción de grano, los tratamientos fertilizados con KCl mostraron menor severidad de Septoria y de Roya y, en menor medida, de Mancha Amarilla y *Bipolaris sorokinianas* (Tabla 9). Semejante fue el comportamiento detectado en términos de incidencia de estas enfermedades (Tabla 10).

La información de suelos disponible no mostró correlaciones significativas con las respuestas en producción de granos de los cultivos (Tabla 11). Sin embargo, en promedio los sitios con respuestas a la fertilización con KCl presentaron mayores contenidos de materia orgánica y proporción de partículas finas, sugiriendo una mejor condición productiva general que aquellos ambientes sin mejoras en producción por la aplicación de esta práctica (Tabla 12).

En las condiciones del estudio durante la campaña 2006 se detectaron aumentos medios en unos 240 kg/ha en los rendimientos de cultivos de trigo al fertilizarlos con 100 kg/ha de KCl. La respuesta a esta práctica se observó en el 75% de los sitios, independiente del nivel de productividad media de los sitios y no se correlacionó con las propiedades edáficas evaluadas. En general, en los ambientes fertilizados con KCl se observó una menor presencia de enfermedades. En los sitios sin respuesta se observó una menor incidencia y severidad de roya y de septoria.

También durante esta campaña y sobre sitios de evaluación localizados en el área oeste de Buenos Aires y bajo la conducción del grupo de siembra directa "La Reja" se detectaron mejoras medias de 223 kg/ha al fertilizar con 100 kg/ha de KCl en el 40% de los sitios preferentemente en ambientes de menor productividad o en suelos arenosos. Sin embargo, en el 80% de los casos evaluados, la fertilización con KCl indujo a aumentos en la concentración de proteínas de los granos. La mejora promedio fue del 6 % sobre el control sin fertilización pasando de 10,8 % a 11,3 % ($p<0.11$).

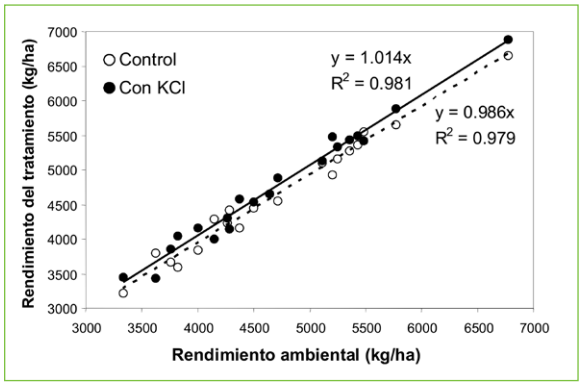


Figura 2. Rendimiento de cultivos de trigo en 20 sitios de producción en la región de la pampa arenosa según rendimientos ambiental (promedio de cada sitio) y tratamientos de fertilización con 100 kg/ha de KCl durante la campaña 2006.

Comentarios finales

Estos resultados corroboran las observaciones frecuentemente descriptas en relación a la fertilización con KCl en la región de la pampa arenosa dónde se encuentran aumentos de producción de trigo del orden del 5 % sobre el control sin fertilización en aproximadamente el 60% de los casos tratados, fundamentalmente en suelos de texturas gruesas, y con una menor observación de enfermedades foliares. Observaciones preliminares muestran mejoras más consistentes en los contenidos de proteínas de los granos. No obstante, son insuficientes para la discriminación entre ambientes con diferente probabilidad de respuesta según propiedades de sitio y de manejo del cultivo intrínsecas a las condiciones de producción en los sistemas predominantes en la región de pampa arenosa.

Agradecimientos

Al International Plant Nutrition Institute (IPNI) Programa Latinoamérica Cono Sur por la financiación parcial de las redes de ensayos y a los productores de los grupos CREA América y de siembra directa "La Reja" por la instalación y seguimiento de los estudios en sus establecimientos.

Tabla 11. Coeficientes de correlación entre propiedades de suelos y respuestas de cultivos de trigo de la región de la pampa arenosa a la fertilización con 100 kg/ha de KCl durante la campaña 2006.

		pH	Pe	MO	N	Cl	Ke	Arcilla	Limo	Arena
Respuesta	En kg/ha	-0.14	-0.15	0.29	0.11	0.12	-0.11	0.04	0.29	-0.25
	En % sobre el control	-0.07	-0.15	0.25	0.05	0.05	-0.15	0.10	0.22	-0.23

Tabla 12. Promedio de propiedades de suelos según respuestas de 20 cultivos de trigo de la región de la pampa arenosa a la fertilización con 100 kg/ha KCl durante la campaña 2006.

Respuesta a la fertilización con KCl	pH	Pe (ppm)	MO (%)	N (kg/ha)	Cl (ppm)	Ke (meq/100g)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)
NO	6.72	13	1.54	26.6	13.3	1.76	8.3	27.0	64.7
SI	6.66	14	2.22	36.0	30.0	1.89	8.6	33.3	58.1

Fertilización fosfatada de trigo en suelos haplustoles del sudeste de Córdoba

Luciano M. Ascheri
CREA Monte Maíz
lucianoascheri@yahoo.com.ar

Introducción

El cultivo de trigo, con el de soja, y maíz y la producción lechera, representan las principales actividades productivas del CREA Monte Maíz. El área de siembra de trigo del grupo, ronda aproximadamente las 7.000 ha siendo de importancia en la rotación, no sólo por factores económicos y de diversificación de cultivos y precio, sino también porque mejora los aspectos físicos del suelo, por sus raíces en cabellera y por estar sembrado en distancias estrechas (17-21 cm) presenta características favorables para mejorar sectores densificados mejorando la fertilidad física de los suelos (Gester et al., 2006).

En los últimos años, los rendimientos de trigo fueron aumentando de 2280 kg/ha en la campaña 1998/99 a 3530 kg/ha en la campaña 2005/06. Este aumento de rendimiento se debe a varios ajustes tecnológicos del cultivo, como variedades, fechas de siembra y, ajustes en la utilización de fungicidas, pero principalmente por el incremento de la fertilización. Las dosis promedio de los diferentes nutrientes aumentaron en los últimos 5 años, un 40% para nitrógeno, 67% para fósforo y se incorporó el azufre a los planteos de fertilización.

"La dosis mínima para obtener los máximos rendimientos (5000 kg/ha) de estos ensayos de trigo para suelos Haplustoles del sudeste de la provincia de Córdoba, con valores de P Bray-1 entre 8 y 11 ppm, fue de 27 kg/ha de P elemento."

Los suelos de la zona, donde predominan los Haplustoles (series La Bélgica, Laborde, Alejo Ledesma, Santa Ana) presentan por génesis una pobre dotación de fósforo, sumada al continuo aumento de extracción de los cultivos por el aumento de los rendimientos, genera aún más una disminución en la disponibilidad de fósforo para el crecimiento del cultivo.

Datos de 73 análisis de suelo, presentan que el 59% de los lotes tienen niveles de P Bray inferiores a 16 ppm (Fig. 1), umbral considerado crítico de respuesta, por debajo del cual es rentable la fertilización fosfatada en trigo (García y Berardo, 2005). Otros autores han reportados distintos niveles críticos de P Bray en el suelo para trigo, siendo de 8 ppm en el sudoeste bonaerense (Ron y Loewy, 1996) a 20 ppm en Balcarce (Berardo y col. 1999). La Región CREA sur de Santa Fe reportó luego de 6 años de ensayos un umbral crítico de 15-20 ppm Bray-1, para una gran diversidad de suelos del sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba, siendo la dosis utilizada de 36 kg P elemento (García, 2006).

La ausencia de recomendaciones de dosis de fertilización fosfatada para los diferentes niveles de fósforo

Tabla 1. Ubicación y características generales de manejo de los sitios experimentales

Localidad	W. Escalante	Monte Maíz	Guatimozín
Campo	San Antonio	Ita Carú	El Sol
Serie de Suelo	Laborde	Laborde	Laborde
Tipo de Suelo	Haplustol Údico	Haplustol Údico	Haplustol Údico
P Bray-1 (ppm)	9	11	8
MO (%)	2.37	2.35	2.46
pH	6.18	6.5	6.23
Nitratos 0-20cm (ppm)	71	114	73
Fecha Siembra	23/06/2006	15/06/2006	28/06/2006
Variedad	Gaucho	Cronox	Gaucho
Labranza	Siembra Directa	Siembra Directa	Siembra Directa
Antecesor	Soja de primera	Soja de primera	Soja de primera
Dosis de N (kg/ha)	70.2	69.0	71.9
Dosis de S (kg/ha)	13.0	13.0	13.4

en el suelo y condiciones agro-climáticas, presenta una falencia de información para suelos Haplustoles del sudeste de Córdoba.

El objetivo de este trabajo es de calibrar la oferta óptima de fertilización fosfatada en el cultivo de trigo para los suelos Haplustoles del sudeste de Córdoba.

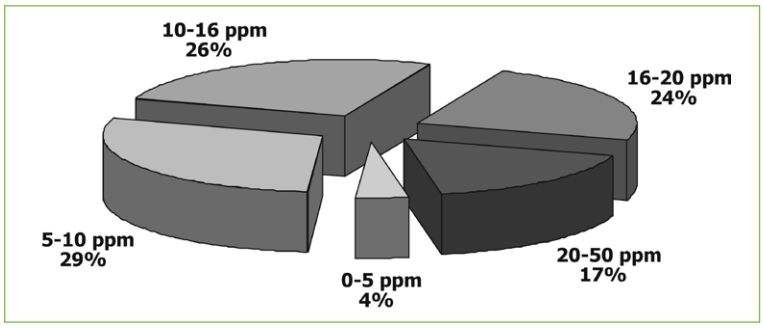


Figura 1. Distribución del P extractable (P Bray-ppm) en lotes de producción CREA Monte Maíz.

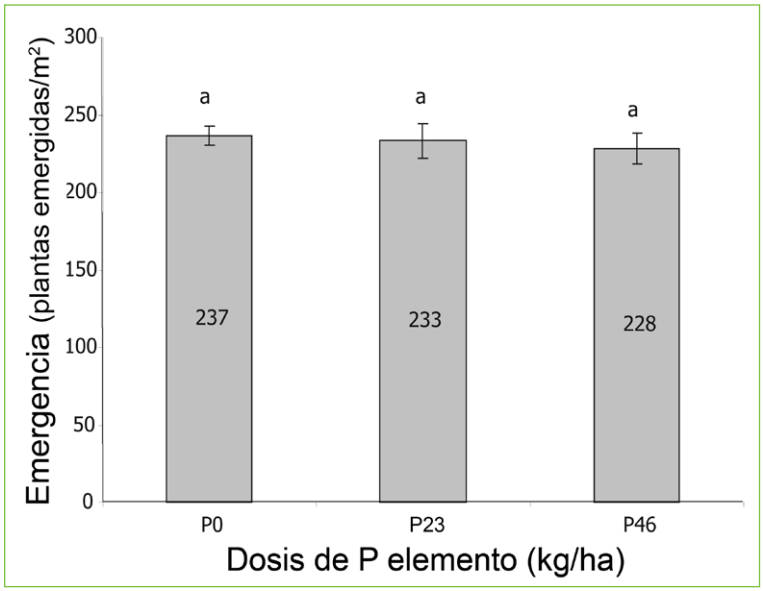


Figura 2. Número de plantas emergidas por metro cuadrado.

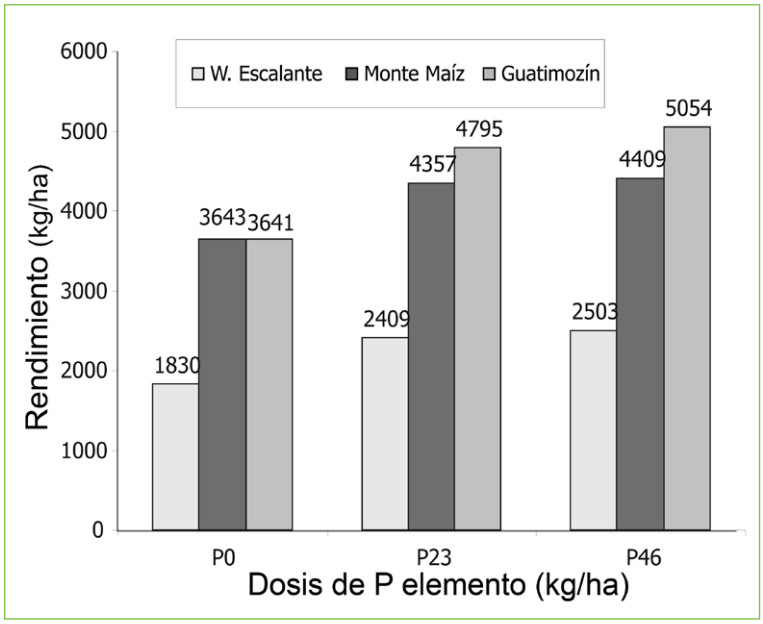


Figura 3. Rendimiento de trigo en kg/ha.

Materiales y Métodos

Se realizaron 3 experimentos a campo en diferentes localidades del sudeste de Córdoba. Las diferentes características de los sitios experimentales se detallan en la Tabla 1.

Los tratamientos realizados fueron, T0= Testigo, sin fertilizaron fosfatada, P23= fertilizado con 100 kg/ha de fosfato monoamónico (FMA), 23 kg P/ha, y P46= Fertilizado con 180 a 200 kg/ha de FMA, entre 42 a 46 kg P/ha. El diseño experimental fue el de parcelas completamente aleatorizadas con dos repeticiones por sitio. La aplicación de fertilizantes fosfatados fue realizada incorporada en la línea de siembra, la fertilización nitrogenada y azufrada fue realizada con fertilizante liquido (UAN + tiosulfato) chorreado post- emergencia del cultivo.

Las determinaciones realizadas fueron plantas emergidas por metro cuadrado por tratamiento y el rendimiento en kg/ha corregido al 14% de humedad.

Los resultados fueron analizados estadísticamente en los programas Statistix 8 y TableCurve 2D 5.

Resultados y Discusión

Para las condiciones de siembra de estos ensayos, la cantidad de plantas emergidas por metro cuadrado no fueron afectadas por los diferentes tratamientos (Fig. 2). Las mayores dosis de FMA en la línea de siembra no perjudicaron la germinación ni la emergencia de las plántulas de trigo, aunque el tratamiento P46 posee 9 plantas menos que el testigo, esta diferencia no es significativa (*P = 0,3089*).

En el caso de los rendimientos, estuvieron influenciados por los diferentes tratamientos, siendo el testigo muy inferior a los restantes tratamientos en todos los sitios (Fig. 3) cerca del 75% del rendimiento máximo. El ensayo de W. Escalante estuvo afectado por bajas

precipitaciones durante el ciclo del cultivo, esto perjudico el logro de mayores rendimientos, marcándose diferencias significativas entre los diferentes sitios (*P < 0,0001*). Solo en el sitio Guatimozín se observaron diferencias significativas, entre el tratamiento P23 y P46, las mejores condiciones hídricas de este sitio permitió explorar rendimientos superiores a los 5000 kg/ha (*P < 0,0001*) con dosis de 200 kg/ha de FMA.

Los rendimientos absolutos fueron transformados en rendimientos relativos por sitio con el objetivo de encontrar una dosis óptima de fertilización fosfatada, para suelos Haplustoles con valores de P Bray entre 8 y 11 ppm (Fig. 4). En este conjunto de ensayos, la dosis mínima para obtener el máximo rendimiento es de 26,7 kg P/ha, unos 116 kg de FMA/ha.

Estos valores de fertilización fosfatada son superiores a los 22 kg P /ha recomendados por Echeverría y García (1998), para niveles de P Bray entre 9 a 11 ppm, y rendimiento objetivo de 5000 kg/ha. En el sudeste de Buenos Aires, en esta recomendación también se tiene parcialmente en cuenta el criterio de reconstrucción.

Conclusiones

Con las dosis aplicadas no se encontraron diferencias significativas de emergencia de plántulas de trigo entre los diferentes tratamientos analizados.

En esta experiencia, la dosis mínima para obtener los máximos rendimientos en trigo para suelos Haplustoles del sudeste de la provincia de Córdoba, con valores de P Bray entre 8 y 11 ppm, es de 26,7 kg P/ha o unos 116 kg/ha de FMA.

Agradecimientos

A todas las empresas integrantes del grupo CREA Monte Maíz, que sin su colaboración no hubiera sido posible esta experiencia.

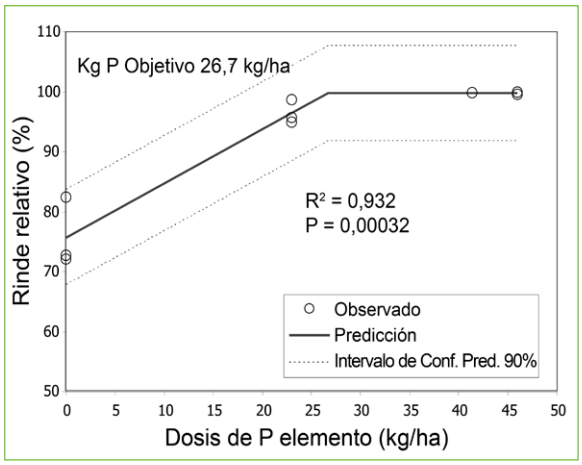


Figura 4. Rendimiento relativo en función de la dosis de P por hectárea.

Referencias

Echeverría H. y F. Garcia. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín Técnico No. 149. EEA INTA Balcarce.

García F. y A. Berardo. 2006. Trigo. Pag. 233-253. *En* H Echeverria y F. Garcia (eds.) Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina.

García F., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, G. Deza Martín y A. Berardo. Resultados y conclusiones de los primeros seis años. 2000-2005. La red de Nutrición de la Región Sur de Santa Fe. 2006.

Gerster G., G. Cordone y S. Barcigaluppo. Trigo en la rotación. Crecimiento de raíces en suelos compactados. Informe de actualización técnica N° 1. Marzo 2006. INTA Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez.

Factores que afectan el rendimiento de trigo en el centro sur de Santa Fé

Cristián N. Natali[1], Fernando Pacín[2] y Flavio Gutiérrez Boem[3]
[1]CREA Colonia Médici- Región CREA Sur de Santa Fe
[2]CREA General Lamadrid- Región CREA Sudoeste
[3]FAUBA - Cátedra de Fertilidad
cristiannatali@tvicom.com.ar

Introducción

El avance de la agricultura actual con siembra directa y fertilización sobre los sistemas de producción ganaderos y mixtos, implica pensar que el trigo debe ser considerado dentro de un esquema agrícola integral (Bainotti et al., 2004). El mismo ocupa un lugar importante en la rotación de cultivos de las empresas agropecuarias CREA Armstrong - Montes de Oca y su respectiva área de influencia (Fig. 1).
Los objetivos de este trabajo fueron identificar y cuantificar la incidencia de los factores climáticos, de suelo y manejo que determinan el rendimiento del trigo en el sur de Santa Fe.

Materiales y Métodos

Se utilizaron datos de lotes de producción comercial, proporcionados por productores miembros del Grupo CREA Armstrong- Montes de Oca (Consorcios Regionales de Experimentación Agropecuaria). En total se utilizaron 299 datos de rendimiento, correspondientes a 6 campañas (1999/00 a 2004/05).
Se emplearon diferentes herramientas estadísticas; correlaciones, distribución de frecuencias, regresión simple y regresión múltiple. La información incluyó determinaciones de nitrógeno y fósforo en el suelo, agua útil, materia orgánica, algunos aspectos de manejo del cultivo como años de agricultura continua, años de siembra directa continua, ciclo del cultivar, fecha de siembra, fungicidas, sistema de labranza, antecesor, nitrógeno y fósforo del fertilizante; y datos climáticos: heliofanía, humedad relativa y precipitaciones. Las variables climáticas tienen un solo dato por cada año, para todo el área de influencia del CREA Armstrong- Montes de Oca.
En la Tabla 1 se agruparon las variables independientes por tipo: suelo, manejo y clima respectivamente, definiéndolas con las abreviaturas correspondientes y sus referidas unidades de medición.
Se agregó el nitrógeno del suelo más el del fertilizante en una sola variable (NSF) por simplicidad. La variable NSF se utilizó a fines de determinar el requerimiento de fertilización nitrogenada del cultivo y su posterior evaluación económica en la práctica; en consecuencia se calculó la eficiencia agronómica en función del nitrógeno del suelo más el del fertilizante. En la Tabla 2 se indican los coeficientes de determinación de cada variable independiente con el rendimiento. Se analizaron las variables en forma combinada en una regresión múltiple (Tabla 3).
En la Figura 2 se observa la relación entre el rendimiento observado versus el predicho, para el modelo final obtenido.
Para estimar el impacto relativo de las variables explicativas sobre el rendimiento de trigo, dentro del rango común de variación esperado, se descartó el 10% inferior y superior de los datos de cada una de ellas y usando el modelo se calculó la variación esperable del rendimiento entre valores bajos y altos de las variables.
Se utilizó un modelo de regresión múltiple que explicara el rendimiento de trigo mediante el método de selección de variables Stepwise; tomándose un P = 0.01.
Para evaluar el impacto de cada variable independiente sobre el rendimiento de trigo la información fue analizada usando un modelo polinómico ortogonal de grado dos (Nelson et al. 1985):

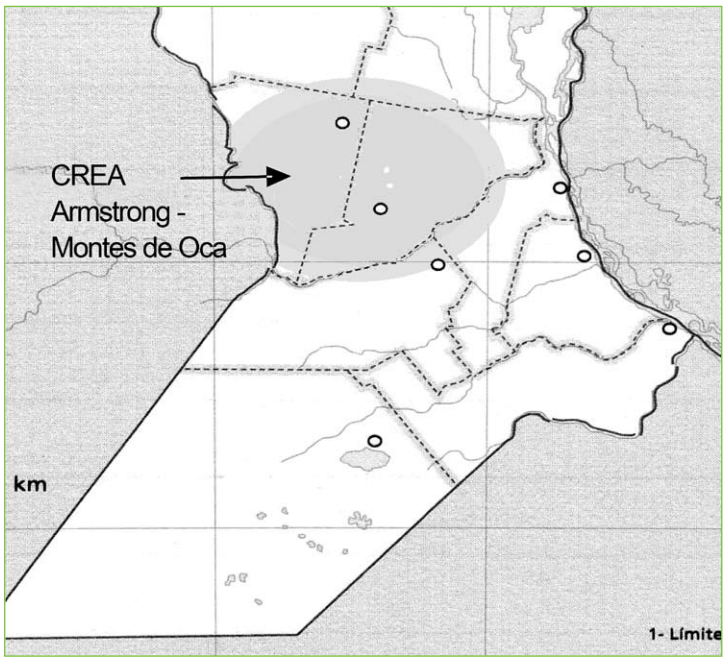


Figura 1. Mapa de la Provincia de Santa Fe indicando la zona de influencia de estudio.

$$Y = a0 + a1\ x1 + a2\ x12 + a3\ x2 + a4\ x22 + \ldots + ax\ x1\ x2 + \ldots + an\ xx\text{-}1\ xx$$

Donde: Y= rendimiento de trigo
a0 hasta an = coeficientes de ajuste
x1 hasta xx = Variables independientes, numéricas o categóricas.

El modelo analiza el efecto lineal y curvilíneo de cada variable independiente sobre la dependiente por separado y las interacciones lineales entre variables independientes. El criterio de elección del modelo de regresión múltiple definitivo fue el mayor R^2 posible. La probable autocolinealidad de las variables independientes se testeó por el valor VIF, no aceptando la entrada de variables que tuvieran valores superiores a 7 (Neter et al., 1990).

Tabla 1. Variables independientes consideradas para el desarrollo del modelo.

Variable	Abreviatura	Definición	Unidades
Agua Útil	AU	Medida por gravimetría de 0 -1.25 mts	mm
Fósforo del suelo	PS	Fósforo extractable de 0-20 cm , por Bray I	ppm
Materia orgánica	MO	Medida por Walkley y Black de 0-20 cm	%
Años agricultura continua	AAC	Número de años desde la última pastura	
Años de siembra directa continua	ASDC	Número de años de siembra directa continua	
Ciclo del cultivar	CICLO	Dummy: corto = 0, intermedio-largo = 1	
Fecha de siembra	FSBRA	Día juliano	
Fungicidas	FUNG	Dummy: sin fungicida = 0, con fungicida = 1	
Sistema de labranza	LABOR	Dummy: siembra directa = 0, labrado = 1	
Antecesor	ANT	Dummy: soja 1° = 0, maíz = 1	
Nitrógeno del suelo más el del fertilizante	NSF	Sumatoria del N disponible a la siembra de 0-20 cm de profundidad, en N- NO_3 (medido por Fenol Disulfónico) y el N del fertilizante expresado como unidades de N.	kg/ha
Fósforo del fertilizante	PF	Cantidad de P aportado por fertilización	kg/ha
Heliofanía de septiembre y octubre	HELIOF	Horas de luz diaria, promedio del mes de septiembre y octubre	h
Humedad relativa de septiembre y octubre	HUM	Porcentaje de humedad relativa ambiente promedio de septiembre y octubre	%
Precipitaciones de invierno	PPTI	Precipitaciones de mayo, junio y julio	mm
Precipitaciones de primavera	PPTP	Precipitaciones de agosto, septiembre y octubre.	mm

Tabla 2. Regresión simple de cada variable (*P=0.001*).

	Coeficiente de Determinación R^2	
	Modelo lineal	Modelo cuadrático
AAC	ns	ns
ANT	ns	ns
ASDC	ns	ns
AU	ns	ns
CICLO	ns	ns
FS	ns	ns
FUNG	ns	ns
HELIOF	0,477	0,478
HUM	0,367	0,373
LABOR	ns	ns
MO	ns	ns
NSF	0.235	0.236
PF	0,207	0,207
PPTI	ns	ns
PPTP	0,489	0,522
PS	ns	ns

Resultados

El modelo pudo explicar un 70% de la variabilidad de los rendimientos, siendo la ordenada al origen de la regresión observado vs. estimado no distinta de 0 y la pendiente no distinta de 1, según el Test de t. Se logró un modelo explicativo del rendimiento de trigo con las siguientes variables: humedad relativa promedio de septiembre y octubre, heliofanía promedio de septiembre y octubre, nitrógeno del suelo más el del fertilizante, agua útil y cultivo antecesor (Fig. 3). No hubo efectos significativos del nivel de materia orgánica de los suelos en el rendimiento de trigo. El trigo fue insensible al sistema de labranza. No se detectaron diferencias de rendimiento entre variedades de ciclo corto o largo de trigo (Tabla 2).

Cuando se analizaron las variables en forma combinada en una regresión múltiple, las variables del suelo explicaron el 9% de la variabilidad del rendimiento, las variables de manejo explicaron el 24%, el suelo asociado a las variables de manejo el 27% y una combinación entre las variables climáticas, de suelo y manejo el 70%. En conjunto, las variables de clima y manejo como heliofanía, humedad y uso de fertilizantes, respectivamente, tienen un impacto mucho mayor sobre los rendimientos de trigo que las variables de suelo, lo mismo se ha reportado en los escenarios de producción de la Pampa Ondulada (Álvarez et al., 2005).

Se concluye que las variables climáticas fueron las más asociadas con el rendimiento del trigo. Por ende, una de las mayores restricciones que presenta el modelo es el efecto aleatorio del clima y su impacto sobre el comportamiento del cultivo.

Una de las variables incorporada al modelo de mayor impacto fue la HELIOF, el rendimiento de trigo aumentó 397 kg/ha por cada incremento de hora de luz diaria en los meses de septiembre y octubre. Para alcanzar rendimientos potenciales de trigo deben combinarse varios factores de suelo, manejo y clima y entre ellos juegan un rol muy importante las horas de luz durante gran parte del encañado y

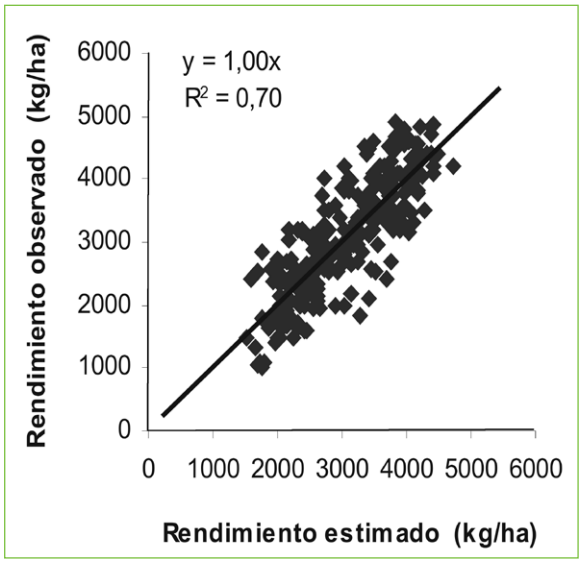


Figura 2. Relación entre rendimiento observado vs. predicho del modelo final.

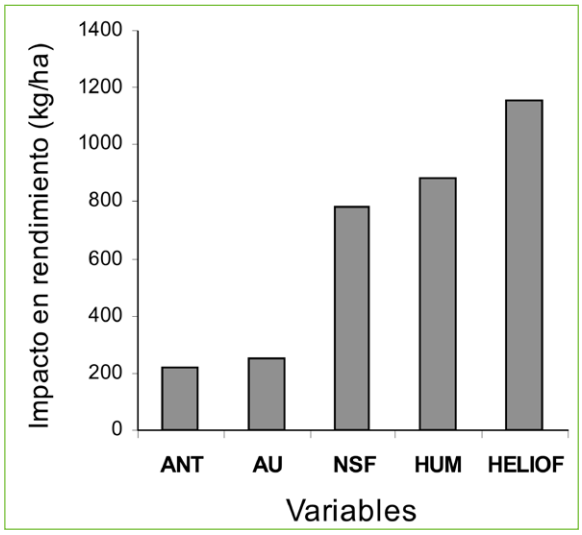


Figura 3. Impacto de las variables climáticas, de suelo y manejo sobre los rendimientos estimados por el modelo de la Figura 2.

Tabla 3. Modelos de regresión múltiple explicativos para el rendimiento de trigo y su R2. Los modelos incluyen separadamente las variables de suelo y manejo, su más manejo y la combinación de las 3 variables: suelo, manejo y clima. S: suelo; M: manejo y C: clima

	AU	MO	PS	AAC	ANT	ASDC	CI-CLO	FS	FUNG	LABOR	NSF	PF	HE-LIOF	HUM	PPTI	PPTP	R2 (ajustado)
S	*	*															0,09
M											*	*					0,24
S + M	*										*	*					0,27
S + M + C	*				*						*		*	*			0,70

*Rendimiento = 3211 – 75.2 * HUM + 397 * HELIOF + 10.0 * NFS + 5.28 * AU – 222 * ANT*

hasta el período espigazón-floración (Bainotti et al., 2004). Otra variable de fuerte impacto fue la HUM que produjo una disminución del rendimiento de 75.2 kg/ha de trigo por cada punto de humedad relativa. Las precipitaciones y otros condicionantes ambientales como temperaturas entre 20 a 30°C, alta humedad relativa y períodos de mojado de 48 a 60 horas posibilitaron el desarrollo de fusariosis, cuyas infecciones ocurren principalmente durante el período de floración a través de las anteras expuestas (antesis) del trigo, lo cual acaece en la zona de influencia entre el 15 de septiembre y el 15 de octubre. Botta et al (1994) señalaron que la fusariosis causa pérdidas de consideración sobre el rendimiento (30 a 50%). La incidencia y severidad de estas enfermedades aumentan bajo escenarios muy húmedos (Annone, 2001).

El modelo mostró que la HELIOF produjo el impacto más profundo (1153 kg/ha) sobre el rendimiento, seguido por la HUM (880 kg/ha), NSF (783 kg/ha), AU (253 kg/ha) y ANT (222 kg/ha) (Fig. 3).

El NSF produce un aumento en el rendimiento del trigo de 10.0 kg/ha grano por cada kg de nitrógeno. En el sur de Santa Fe el nitrógeno es el nutriente cuya deficiencia está más generalizada, debido a que los aportes de la mineralización de la materia orgánica no alcanzan a cubrir la demanda del cultivo de trigo (Salvagiotti et al., 2000).

Pacín (2004) trabajando con datos de productores de AACREA en la zona sudoeste de la provincia de Buenos Aires, en su modelo explicativo obtuvo una respuesta del rendimiento a nitrógeno de 3.5 kg grano/kg N mineral. Siendo este un bajo valor de eficiencia agronómica para el cultivo (Álvarez et al., 2003). La eficiencia agronómica del nitrógeno disminuye al aumentar la cantidad de NSF (Fig. 4); esta misma permite realizar una evaluación económica de la fertilización (Steinbach, 2005).

Las limitaciones de nitrógeno afectan el rendimiento del cultivo de trigo impidiendo que este alcance el índice de área foliar crítico (IAFc) y produciendo una menor eficiencia de conversión de la radiación interceptada en materia seca (Abbate et al., 1994); siendo que se considera a este nutriente como un factor condicionante del rendimiento del trigo. El bajo grado de predicción de la absorción del nitrógeno y del rendimiento que se logra considerando solamente la disponibilidad del nutriente en el suelo puede mejorarse a veces considerando la disponibilidad de agua (Álvarez, 2005).

El AU incrementó el rendimiento en 5.28 kg/ha de trigo por cada milímetro de agua almacenado en el perfil (hasta un 1.25 mts de profundidad) al momento de la siembra. Como este cultivo desarrolla su ciclo durante el período del año en que las lluvias son más escasas, lo esencial es determinar la cantidad de agua útil almacenada en el suelo hasta 1 metro de profundidad, ya que con la misma se pueden predecir con mucha exactitud los rendimientos a obtener (Fontanetto, 2004). La disponibilidad de agua es un factor ambiental que permite alcanzar el rendimiento potencial, en particular hasta el inicio del período de crecimiento de las espigas (Micucci y Álvarez, 2003).

El cultivo de trigo, al igual que otros cultivos presenta fluctuaciones de los rendimientos entre años y entre sitios, dependiendo estas variaciones principalmente de la disponibilidad de agua y nutrientes. La cantidad de agua disponible para la planta es una de las variables fundamentales para la producción de materia seca o el rendimiento de los cultivos (Wagger et al., 1992).

Con respecto a la variable ANT produce una disminución del rendimiento de 222 kg/ha cuando el cultivo antecesor fue maíz. En la Pampa Ondulada, la soja como antecesor puede generar un crédito de nitrógeno que en trigo es equivalente al efecto de unos 10 kg N fertilizante/ha (Sain y Jáuregui, 1993). En los datos analizados, el impacto de la soja como antecesor no parece estar asociado a un crédito de nitrógeno pues la disponibilidad del nutriente se consideró como variable independiente. Dificultades en la implantación de trigo luego de maíz o efecto del barrenador del tallo en maíz luego de maíz (Iannone, 2001) parecen causas más probables del beneficio de soja como antecesor para estos cultivos; resultados similares se han reportado

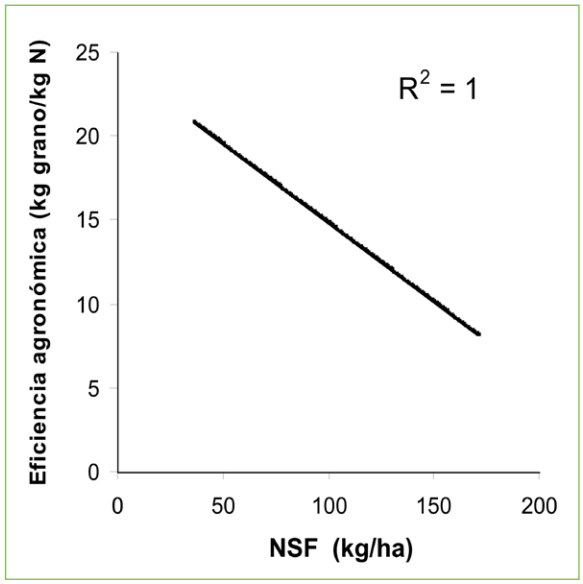


Figura 4. Eficiencia agronómica en función de la disponibilidad de nitrógeno (suelo + fertilizante).

en trabajos anteriores realizados por Álvarez y Grigera (2005).

La siembra de trigo sobre rastrojo de maíz plantea algunas dificultades técnicas; específicamente "concurren una serie de factores (rastrojos abundantes, suelos húmedos, etc.) que hacen complicada la implantación del trigo sobre maíz" (Bragachini et al., 2004).

Los resultados analizados muestran que las variables climáticas son factores sumamente decisivos en el rendimiento del cultivo de trigo, por ello su predicción aún bajo distintas alternativas de manejo resulta una tarea dificultosa.

Bibliografía

Abbate P., F. Andrade y J. Culot. 1994. Determinación del rendimiento en trigo. Boletín Técnico EEA Balcarce, INTA. Volumen 133.

Alvarez R. 2005. Fertilización de cultivos de granos y pasturas. Diagnóstico y recomendaciones en la Región Pampeana. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, pp. 55-80.

Alvarez R. y S. Grigera. 2005. Análisis of Soil Fertility and Management on Yields of Wheat and Corn in the Rolling Pampa of Argentina. J. Agronomy & Crop Science 191, pp. 321-329.

Alvarez R., H. Steinbach, C. Alvarez y S. Grigera. 2003. Recomendaciones para la fertilización nitrogenada de trigo y maíz en la Pampa Ondulada. Informaciones Agronómicas 18, pp. 14-19.

Annone J. 2001. Criterios empleados para la toma de decisiones en el uso de fungicidas en trigo. Tecnología Agropecuaria 6, pp. 16-20

Bainotti C., J. Fraschina, J. Salines, M. Cuniberti, E. Alberione, L. Riveri, M. de Galich, M. Formica y A. Galich. 2004. Evaluación de cultivares de trigo en la EEA Marcos Juárez durante el año 2003. En: Informe para Extensión 85, EEA Marcos Juárez, INTA, pp. 14-18

Botta G., J. Annone y A. Ivancovich. 1994. El golpe blanco de la espiga de trigo: Importancia y epidemiología. Carpeta de Producción vegetal. Tomo XII. Trigo. Información 154. EEA Pergamino, INTA, Buenos Aires, Argentina.

Bragachini M., A. Mendez y F. Scaramuzza. 2004. Siembra Directa de Trigo con Abundante Rastrojo en Superficie - Equipamiento de la Sembradora. Proyecto Agricultura de Precisión. INTA Manfredi. (www.engormix.com/en_trigo).

Fontanetto H. 2004. Nutrición de cultivos y manejo de la fertilidad del suelo en la región central de Santa Fe. Simposio Fertilidad 2004. Fertilidad de Suelos para un Agricultura Sustentable. Rosario, Argentina, pp. 19-25.

Iannone N. 2001. Control químico de Diatraea. Tecnología que apunta a la alta producción. Revista de Tecnología Agropecuaria 6, pp. 33-37.

Micucci F. y C. Alvarez. 2003. El agua en los cultivos extensivos. Impacto de las prácticas de manejo sobre la eficiencia del uso del agua. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 20. Inpofos, Acassuso, Buenos Aires.

Nelson L.A., R. Voss, J. Pesek. 1985. Agronomic and statistical evaluation of fertilizer response. In: Englestad, O.P. (Ed.), Fertilizer Technology and Use. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, pp. 53-90.

Neter J., W. Wasserman y M. Kutner. 1990. Applied linear statistical models. Irwin inc. Eds., Illinois, USA.

Pacin F. 2004. Análisis de los factores determinantes del rendimiento del trigo en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires Trabajo Final de la Especialización en Fertilidad y uso de Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 30 p.

Sain G.E. y M.A. Jáuregui. 1993. Deriving fertilizar recommendations with a flexible functional form. Agron. J. 85, pp. 934-937.

Salvagiotti F., J. Castellarín, H. Pedrol y O. Rosso. 2000. La mineralización neta de nitrógeno durante el ciclo del cultivo de trigo y su uso en el balance de nitrógeno. Actas del XVII Congreso Argentino de la ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.

Steinbach H. 2005. Fertilización de cultivos de granos y pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana; coordinado por Roberto Álvarez. Funciones de producción. Capítulo II. Editorial Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires, pp. 13-25.

Wagger M., M. Verpraskas y H. Denton. 1992. Corn grain yield and nitrogen utilization in relation to subsoiling and nitrogen rate on Paleudults. Agronomy Journal, 84:888-892

VEA ESTE Y TODOS LOS ARTICULOS
DE INFORMACIONES AGRONOMICAS DEL CONO SUR EN:

WWW.IPNI.NET

Congresos, Cursos y Simposios

Esta sección presenta eventos futuros en el ámbito regional e internacional que pueden ser de interés de los lectores

Mundo Agro 2007 - Tecnología y Sustentabilidad
Lugar y fecha: Hotel Hilton - Buenos Aires - 26 y 27 de Junio, 2007.
Información: http://www.mundoagro.com/2007/home.php

VI Reunión Nacional Científico-Técnica de Biología del Suelo y
VI Encuentro sobre Fijación Biológica de Nitrógeno
II Taller Nacional de Control de Calidad de Inoculantes de la REDCAI.
Lugar y fecha: Río Cuarto, Prov. de Córdoba. 4-5 y 6 Julio, 2007.
Información: www.ayv.unrc.edu.ar

10° Jornada Don Mario de Actualización Técnica en Soja
10 años actualizando las claves de la soja "Para rendir al máximo"
Lugar y fecha: Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 11 Julio 2007.
Información: www.donmario.com / megonzalez@donmario.com

InfoAg 2007: Agricultura de Precisión - Manejo de Información
Sensores Remotos - Tecnologías de Comunicación
Lugar y fecha: Hotel Crowne Plaza, Springfield, Illinois, EE.UU. 10-12 Julio 2007.
Información: www.infoag.org

7°. Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Maquinas Precisas
Lugar y fecha: EEA INTA Manfredi. Ruta 9 km 636. Manfredi, Córdoba (Argentina).
Información: Tel. +54 (03572) 493039/058/061 – agprecision@correo.inta.gov.ar / agriculturadeprecision@yahoo.com.ar / www.agriculturadeprecision.org

XV Congreso Nacional de AAPRESID
Lugar y fecha: Rosario, Santa Fe. 14-17 Agosto 2007.
Información: AAPRESID. www.aapresid.org.ar

Rhizosphere 2 – Segunda Conferencia Internacional de la Rizósfera
Lugar y fecha: Montpellier, Francia. 26-31 Agosto 2007.
Información: P. Hinsinger, Tel.: +33 (0)4 99 61 22 49 / Fax: +33 (0)4 67 63 26 14
philippe.hinsinger@ensam.inra.fr - www.montpellier.inra.fr/rhizosphere-2/

XVI Simposio Internacional del Centro Científico Internacional de Fertilizantes (CIEC)
Lugar y fecha: Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Coupure 653, Bélgica.
16-19 Septiembre 2007.
Información: Tel.: ++32 (0)92646053; Fax: ++32(0)92646247; Patrick.Dossche@UGent.be; www.soilman.ugent.be/ciec

XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo
Lugar y fecha: León, Guanajuato, México. 17-21 Septiembre 2007.
Información: www.slcs.org.mx - slcsorg@slcs.org.mx - cueto.jose@inifap.gob.mx

4th Conferencia Internacional de Nitrógeno
Lugar y fecha: Costa do Sauipe- Brazil. 1-5 Octubre, 2007.
Información: INI martinelli@cena.usp.br www.nitrogen2007.com

V Simposio Internacional Interacciones de Minerales de Suelo con Componentes Orgánicos y Microorganismos
Lugar y fecha: Pucón, Chile. 26-30 Noviembre 2008.
Información: www.ismom2008ufro.cl , mariluz@ufro.cl

Suscripción

Si Ud. desea recibir Informaciones Agronómicas del Cono Sur, por favor complete el cupón y envíelo por correo, fax o correo electrónico a:
IPNI Cono Sur, Av. Santa Fe 910, (B1641ABO) Acassuso, Argentina
Tel./Fax: (54) 011-4798-9939 Correo Electrónico: lpisauri@ipni.net

Nombre y Apellido: .....
Institución o Empresa: .....
Principal Actividad: .....
Calle: ..... Nro.: ..... C.Postal: .....
Localidad: ..... Provincia: .....
E-mail: ..... Teléfono: .....

¡MUCHAS GRACIAS!

Publicaciones de IPNI

Las siguientes publicaciones se encuentran disponibles con un costo nominal

Titulo de la Publicación *(Vea el catalogo completo de publicaciones de IPNI en www.ipni.net/lasc)*	Costo U$S	Costo $ argentinos
NUEVO Simposio Fertilidad 2007. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2007.	14	40
La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. Resumen y discusión de los principales resultados obtenidos en la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe (Argentina).	5	15
Nutrición y fertilización potásica en frutales y vides. Publicación de INIA La Platina (Chile) que discute los principales aspectos del manejo de potasio en frutales y vides, con énfasis en la situación del centro de Chile.	20	60
Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos en la región pampeana argentina. (Nueva edición en CD).	4	12
Simposio Fertilidad 2005. Nutrición, Producción y Ambiente. Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2005.	10	30
Síntomas de deficiencias nutricionales de trigo, maíz y soja. Set de tres posters que muestran y describen los síntomas de deficiencia de nutrientes en los tres cultivos.	5	15
Como se desarrolla una planta de soja. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	5	15
Como se desarrolla una planta de maíz. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	5	15
Simposio Fertilidad 2004. Fertilidad de Suelos para una Agricultura Sustentable. Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2004.	8	25
Simposio El Fósforo en la Agricultura Argentina. Actas del Simposio efectuado en Rosario en Mayo de 2003 (98 pág.)	5	15
Fertilidad 2002. Trabajos presentados en la Cuarta Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Rosario (Argentina) en Mayo de 2002.	2.5	7.5
Fertilidad 2001. Trabajos presentados en la Tercera Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Julio de 2001.	2.5	7.5
Fertilidad 2000. Trabajos presentados en la Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Abril de 2000.	2.5	7.5
Manual de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.	15	45
Estadística en la investigación del uso de fertilizantes. Recopilación de conferencias presentadas en cursos de la especialidad por el Dr. Larry Nelson, publicada por la oficina de INPOFOS del Norte de Latinoamérica.	6	18
Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos. Cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo.	5	15
Nutrición de la Caña de Azúcar. Guía completa para la identificación y corrección de desordenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar.	8	24
Balance para el éxito. Trifolios con información de manejo nutricional de cultivos. Disponibles: Alfalfa, Trigo, Maíz, Soja, Sorgo granífero, Algodón.	0.50 c/u	1.5 c/u

Vea el catalogo completo de publicaciones de IPNI en www.ipni.net/lasc

Formas de pago de publicaciones

Argentina

•Giro Postal o Telegráfico, a través de Correo Argentino o Envío de dinero a través de Western Union.
Los datos para realizar su envío son los siguientes:
DESTINATARIO: Sra. Laura Nélida Pisauri DNI: 17.278.707 DIRECCION: Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso – Buenos Aires – Argentina
AGENCIA DE CORREOS DE DESTINO: Sucursal San Isidro, Buenos Aires, Argentina.
•Depósito Bancario en Citibank, Cta. Cte. Nº 0-516483-016 Sucursal Olivos a nombre de POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA
•Transferencia Bancaria o por Banelco a POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA, Banco Citibank, Cuenta Corriente 0-516483-016, CBU 0167777-1 0000516483016-0 CUIT 30-70175611-4
Solicitamos nos haga saber por teléfono, fax o e-mail, la opción elegida y nos envíe los datos para acreditar su pago (No. de giro y fecha, o datos de depósito o transferencia bancaria).

Otros Países

•Envío de dinero a través de Western Union, ver instrucciones para el envío más arriba.
•Cheque certificado en dólares estadounidenses a nombre de POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA.
•Tarjeta de crédito internacional (Mastercard, Visa, American Express).

Para adquirir las publicaciones de IPNI Cono Sur:

1. Además del costo de la/s publicaciones, deberá tener en cuenta los gastos de envío, que son variables de acuerdo al peso en gramos (g): hasta 100 g (equivale a 1 publicación) $ 3.00; entre 100 - 500 g (equivalen a 3/5 publicaciones) $ 5.00; y entre 500 - 1000 g $ 10.00.
2. Deberá enviarnos a nuestra oficina de IPNI por Fax.: 011-4798-9939 o por mail a Lpisauri@ipni.net, el comprobante de pago.
3. Indicar si solicita Factura A ó B, a nombre de quien extenderla, dirección completa y CUIT.

Ante cualquier consulta enviar mail a: Lpisauri@ipni.net o llame al (54 - 011) 4798 9939

SIMPOSIO
"FERTILIDAD 2007"

Bases para el manejo de la nutrición de los cultivos y los suelos

En el Simposio Fertilidad 2007, realizado el 10 y 11 de Mayo de 2007, y organizado por IPNI Cono Sur (Instituto Internacional de Nutrición de Plantas) y Fertilizar Asociación Civil en la Bolsa de Comercio de la ciudad de Rosario, Santa Fe, distinguidos profesionales nacionales e internacionales presentaron y discutieron información actualizada en el manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos en el país y el exterior.

El Simposio presenta un alto grado de impacto a nivel nacional y regional, debido a que en la organización se encuentran involucradas instituciones de prestigio como el International Plant Nutrition Institute (IPNI) – Programa Latinoamérica Cono Sur y Fertilizar Asociación Civil. En materia de Fertilidad de Suelos y Cultivos, este Simposio "Fertilidad 2007" es el más importante a nivel nacional, convocando a una audiencia de aproximadamente 900 participantes, conformada por profesionales de la actividad oficial y privada, y estudiantes avanzados de Agronomía. Esta es la octava edición del simposio y año a año ha crecido en interés y número de participantes. Las exposiciones involucran a expertos nacionales y extranjeros y en cada edición se busca tratar los temas más relevantes al momento de la organización del evento.

Entre los temas de importancia se encontraron: el conocimiento de los destinos de N en el sistema suelo-planta y como son modificadas por los factores ambientales y de manejo, y las oportunidades de mejorar la eficiencia en aspectos relacionados a manejo y genética del cultivo, fueron presentados por tres disertantes internacionales: los Dres. Cabrera, Franklin y Below.

Las aplicaciones correctas de fertilizantes son un tema central para lo cual los Ings. Agrs. Torres Duggan, Gambaudo y Martínez Peck discutieron la calidad de los productos fertilizantes y como deben aplicarse a nivel de lote. Un aspecto de avanzada lo constituye la posibilidad de realizar aplicaciones variables de N, los avances en Argentina y EE.UU. fueron presentados por R. Melchiori y M. Ruffo.

Un capítulo especial estuvo dedicado a conocer los avances de investigación generados en los últimos años. El manejo de suelos en rotación bajo siembra directa en el Litoral Oeste de Uruguay, experiencias a largo plazo de AAPRESID y CREA Sur de Santa Fe, resultados de la Red de Investigación INTA-Fertilizar sobre manejo de fósforo (P) en soja y girasol, N y azufre (S) en cebada cervecera y manejo del N para mejorar la calidad de trigo pan.

Las pasturas y recursos forrajeros tuvieron un espacio exclusivo con presentaciones de una encuesta sobre el estado actual de fertilización de estos recursos en Argentina y el manejo nutricional de pasturas de alta producción en Nueva Zelanda.

Finalmente, el simposio buscó responder a la pregunta "¿Cómo decido la fertilización de mis cultivos?", a partir de visiones para la agricultura del medio oeste norteamericano y la región pampeana argentina. El énfasis en ambos casos se da en los análisis de suelo, a partir del cual se calibran las respuestas a la fertilización.

El Simposio contó con la colaboración especial de Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS), INTA, AAPRESID, Bolsa de Comercio de Rosario, CREA Sur de Santa Fe, Facultad de Ciencias Agrarias (UNR) y Fundación Producir Conservando.

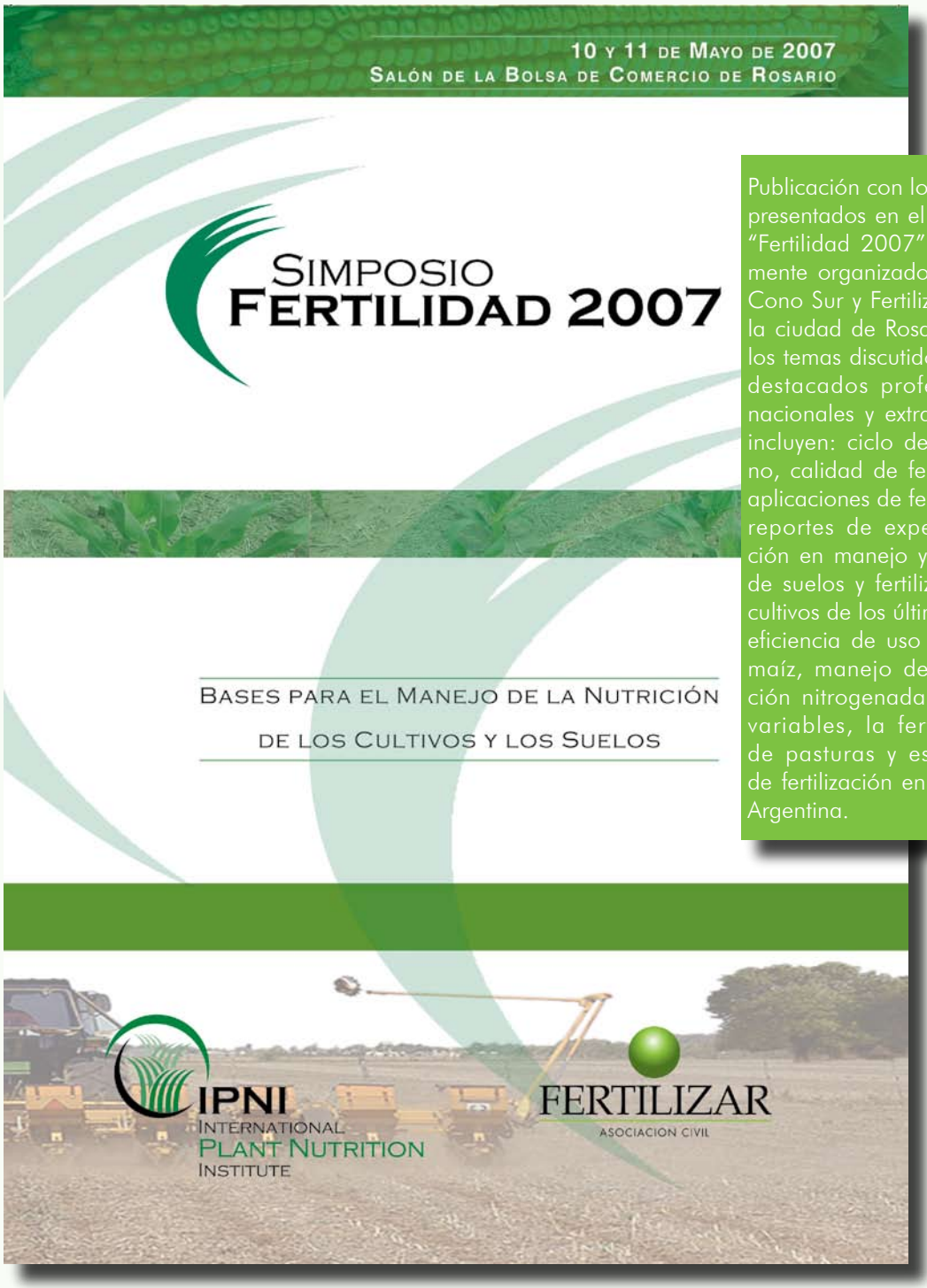
Para ver todas las presentaciones de los disertantes que participaron en el Simposio de "Fertilidad 2007", por favor dirijase a nuestra página Web:

WWW.IPNI.NET/LASC

IPNI
International
Plant Nutrition
Institute
Instituto Internacional de Nutrición de Plantas

IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Nueva publicación



Publicación con los trabajos presentados en el Simposio "Fertilidad 2007" recientemente organizado por IPNI Cono Sur y Fertilizar AC en la ciudad de Rosario. Entre los temas discutidos por los destacados profesionales nacionales y extranjeros se incluyen: ciclo del nitrógeno, calidad de fertilizantes, aplicaciones de fertilizantes, reportes de experimentación en manejo y fertilidad de suelos y fertilización de cultivos de los últimos años, eficiencia de uso del N en maíz, manejo de fertilización nitrogenada en dosis variables, la fertilización de pasturas y estrategias de fertilización en EE.UU. y Argentina.

- Costo de la publicación: $40 (cuarenta pesos argentinos)
- Costo de envío: $5 (cinco pesos argentinos)
- La publicación puede ser adquirida contactando a:

IPNI Cono Sur - At. Sra. Laura Pisauri - Tel/Fax (54) 011 4798 9939 - lpisauri@ipni.net