

EL NITROGENO EN LA AGRICULTURA ARGENTINA PRESENTE Y ¿FUTURO?¹

Fernando O. García² e Ignacio A. Ciampitti²

El desafío actual en la producción de granos exige inevitablemente la intensificación, es decir una mayor y más eficiente producción por unidad de recurso y/o insumo involucrado. El nitrógeno (N) es considerado el nutriente más importante para la producción vegetal debido a las cantidades requeridas por los cultivos y a la frecuencia con que se observan deficiencias en suelos agrícolas. La intensificación agrícola depende en gran medida del abastecimiento de N en tiempo y forma. Por otra parte, las condiciones económicas y la necesidad de preservar el medio ambiente, básicamente los recursos suelo, agua y atmósfera, requieren del uso más eficiente del N. Las mejores prácticas de manejo (MPM) de la nutrición de cultivos y de los fertilizantes contribuyen a estos objetivos de producción y eficiencia. Las MPM para el uso de fertilizantes se basan en la elección de una fuente correcta para ser aplicada en dosis, forma y momento adecuados (Roberts, 2007).

A continuación se discuten algunos aspectos relacionados con la actualidad y la perspectiva del manejo del N en la agricultura argentina. La visión del manejo de N en el futuro se presenta a partir de las necesidades y posibilidades que se vislumbran para el mediano plazo. Se hace énfasis en sistemas de producción de cultivos anuales de la región pampeana argentina.

Uso actual de N en Argentina

El consumo de N a nivel país se ha incrementado notablemente en los últimos años, pasando de 117 mil toneladas en 1993 a 894 mil toneladas en 2007 (Figura. 1). La tasa de crecimiento anual durante el periodo 1993-2007 fue de 48.5 mil toneladas N por año. A pesar de este marcado incremento, la relación aplicación/remoción muestra un balance negativo reponiéndose solamente un 48% del N extraído en grano por los principales cuatro cultivos (soja, maíz, trigo y girasol) (Figura. 2).

Información de la campaña 2006/07, generada a partir de una encuesta de Fertilizar Asociación Civil, indicaría que trigo y maíz están siendo fertilizados en un 85-95% del área con dosis promedio de 50 a 60 kg/ha de N. El mayor desbalance de N en cultivos de grano se produciría en soja (Cordone y Martinez, 2004). Considerando que el índice de cosecha de N (N en grano/N total absorbido) en soja es del 70-80%, cuando la fijación biológica de N (FBN) aporta porcentajes de N menores a este índice de cosecha, el cultivo estaría exportando en grano, N proveniente del suelo. Investigaciones recientes indican que, en la región centro y norte productora de soja del país, entre el 26% (Concepción del Uruguay, Entre Ríos) y el 71% (Virginia, Tucumán) del N acumulado, con una media del 50%, procede de la FBN (Collino et al., 2007). Con un valor medio de FBN de 50% y considerando que prácticamente no se aplica fertilizante nitrogenado, el desbalance de N generado por soja podría estimarse en aproximadamente 730 mil toneladas de N.

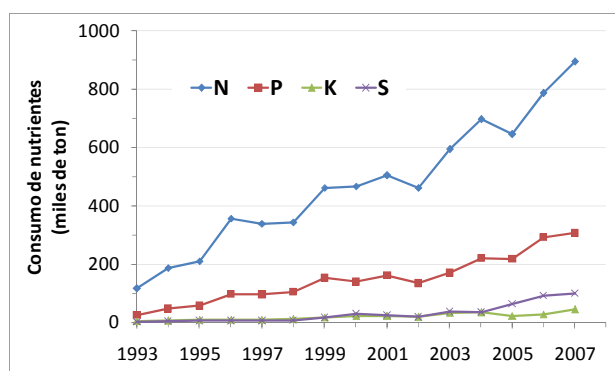


Figura. 1. Evolución del consumo estimado de N, P, K y S, aplicados como fertilizantes, en Argentina para el periodo 1993-2007.

¹ Presentado en el XVI Congreso Nacional de AAPRESID. 12-15 Agosto 2008. Rosario, Santa Fe.

² International Plant Nutrition Institute – IPNI. Latin America-Southern Cone Program. Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: fgarcia@ipni.net

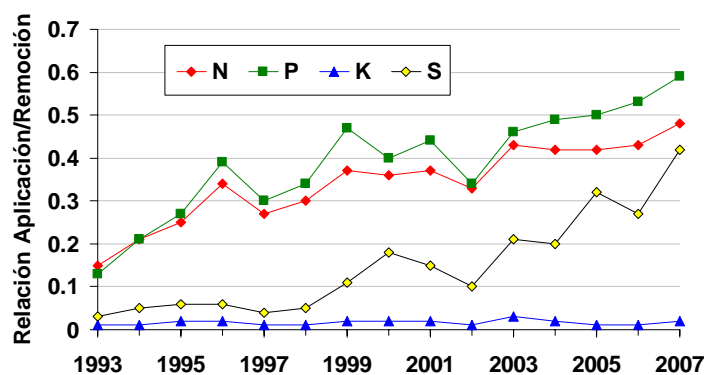


Figura 2. Evolución de la relación aplicación/remoción de N, P, K y S, aplicados como fertilizantes en los cuatro principales cultivos de grano, en Argentina para el periodo 1993-2007.

¿Con que eficiencia estamos usando el N en el país?

A nivel macro, la eficiencia de uso de los nutrientes aplicados vía fertilizantes, puede evaluarse a través de indicadores como el balance parcial de nutrientes (BPN) y la productividad parcial del factor (PPF), N en este caso. El BPN es la relación entre los kg de nutriente aplicado y los kg de nutriente extraído, mientras que la PPF es la relación entre la producción de grano y la cantidad de nutriente aplicado (Dobermann et al., 2007).

Las estimaciones para Argentina indican que el uso de N en maíz y trigo cubre la extracción en grano ya que el BPN se encuentra en valores cercanos a 1 (Tabla 1). Este índice cae marcadamente cuando se incluye a soja y girasol, fundamentalmente por los balances negativos observados en soja según se comento en la sección anterior. Los valores de PPF para maíz y trigo se encuentran dentro del rango de 40 a 80 kg de grano por kg N, considerado óptimo a nivel mundial para cereales (Snyder y Bruuselma, 2007). La PPF para N en maíz en EE.UU. se estima entre 60 y 70 kg de maíz por kg N. Valores más elevados de PPF se asocian con bajos valores de BPN, por lo que, probablemente, la situación de mayor sustentabilidad se logre con valores intermedios para ambos índices: levemente menores o iguales a 1 kg N aplicado/kg N extraído para BPN y el rango mencionado de 40-80 kg por kg N para PPF.

Los índices de eficiencia de uso de nutrientes, y en particular N, deben utilizarse en forma combinada para conocer mejor el funcionamiento del sistema. Si bien a nivel macro el BPN y la PPF son los de más sencilla estimación, a nivel más detallado la eficiencia agronómica (EA, kg incremento en rendimiento por kg nutriente aplicado) y la eficiencia de recuperación (ER, kg incremento de nutriente absorbido por kg nutriente aplicado) son otros índices que pueden contribuir significativamente a definir la eficiencia de uso de los nutrientes en nuestros sistemas de producción. En cereales, se consideran adecuados valores de 10 a 30 kg grano/kg N aplicado para EA, y de 0.5 a 0.8 kg N absorbido/kg N aplicado para ER (Snyder y Bruuselma, 2007). La estimación de EA y ER de N a nivel nacional es complicada pero, a modo de ejemplo, experiencias en maíz de INTA 9 de Julio y la Facultad de Agronomía (UBA) indican valores de 18-28 kg incremento grano/kg N aplicado para EA, 0.58-0.80 kg N absorbido/kg N aplicado para ER, 0.9-1.6 kg N aplicado/kg N extraído para BPN y 65-91 kg grano/kg N aplicado para PPF (Rillo y Richmond, 2006; Rimski-Korsakov et al., 2008).

Tabla 1. Indicadores de eficiencia de uso de N en trigo y maíz en Argentina.

Nivel	Balance parcial de N	Productividad parcial del factor N
	<i>kg N aplicado/kg N extraído</i>	<i>kg grano/kg N aplicado</i>
Cultivos de grano ¹	0.48	131
Maíz	0.87	87
Trigo	1.04	53

¹Incluye maíz, trigo, soja y girasol. Para soja, se estimo que el 50% del N absorbido provenía de la FBN.

El ciclo del nitrógeno

El ciclo del N se puede evaluar a distintas escalas, desde un nivel global hasta un nivel micro (por ej., la rizósfera de una planta). A escala de cultivos, sistema suelo-planta-atmosfera, existe abundante información en el país. En general, estos trabajos abordan un proceso dentro del ciclo del N (por ej., Picone et al., 1997; Brenzoni y Rivero, 1999; Garcia et al., 1999; Sainz Rozas et al., 2001; Zubillaga et al., 2002; Portela et al., 2006; Collino et al., 2007; Rimski-Korsakov et al., 2007a, b y 2008; Aparicio et al., 2008; Ciampitti et al. 2008), o varios procesos y el balance de N del sistema (Videla et al., 1996; Sainz Rozas et al., 2004; Alvarez y Steinbach, 2006 a y b; Alvarez et al., 2007).

En el manejo de fertilizantes nitrogenados, es de gran importancia conocer el destino final y, por ende, la eficiencia de uso (ER) del N aplicado. La Tabla 2 sintetiza información sobre el destino del N aplicado como fertilizantes en cultivos anuales en la región pampeana. Se recomienda consultar la revisión de Lavado et al. (2007) para un mayor detalle de los diferentes procesos del N y su cuantificación para la región.

Tabla 2. Principales destinos del N de fertilizante y rangos reportados en la región pampeana, expresados en porcentaje del N aplicado a cultivos de maíz y trigo (Adaptado de Lavado et al., 2007).

Destino	Rango	Referencias
Planta	35 al 80%	Melaj et al. 2003; Portela et al. 2006; Rillo y Richmond 2006; Rimski-Korsakov et al. 2008
Materia orgánica	7 al 29%	Sainz Rozas et al. 2004; Portela et al. 2006 ; Rimski-Korsakov et al. 2008;
Volatilización	1.1 al 30%	Videla et al., 1996; Garcia et al. 1999; Sainz Rozas et al. 2004; Rimski-Korsakov et al. 2007a
Denitrificación	0.13 al 6.9%	Palma et al. 1997; Picone et al. 1997; Sainz Rosas et al. 2001; Ciampitti et al. 2008
Lixiviación	<0.01 al 23%	Sainz Rozas, et al. 2004; Portela et al. 2006 ; Aparicio et al. 2008

Mejores prácticas de manejo de fertilizantes nitrogenados

Se han realizado numerosas investigaciones y experiencias evaluando dosis, formas, momentos y fuentes de N adecuadas para el manejo de fertilizantes nitrogenados, de las cuales, al igual que en la sección anterior, se pueden citar algunas a modo de referencia: González Montaner et al. (1991 y 1997), Berardo (1994), Garcia y Fabrizzi (1998), Ruiz et al. (2001), Satorre et al. (2001), Melchiori (2002), Alvarez et al. (2003), Bergh et al. (2003), Melaj et al. (2003), Salvagiotti et al. (2004) y Sainz

Rozas et al. (2008). Los trabajos de Alvarez (2005) y Garcia y Daverede (2007) presentan una síntesis del diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíz y trigo. El libro de Prystupa (2007) compila la información existente en cuanto a fuentes, formas y momentos de aplicación.

La investigación y experimentación es constante y necesaria para generar información en las distintas zonas y desarrollar MPM de acuerdo a los cultivos, rotaciones, tipos de suelos y condiciones climáticas. Una breve síntesis de las MPM para la fertilización nitrogenada de maíz y trigo incluye:

- Dosis correcta de N. Los umbrales críticos de disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos suelo, 0-60 cm, + N fertilizante) constituyen el método más difundido para determinar las necesidades de N de maíz y trigo. Estos umbrales varían según el cultivo, la zona y el nivel de rendimiento objetivo.

En maíz, evaluaciones de resultados experimentales más recientes indican que disponibilidades de 150-170 kg N ha⁻¹, según el potencial de rendimiento, maximizan el beneficio económico de la fertilización nitrogenada (Alvarez et al., 2003; García et al., 2006).

En trigo, se pueden mencionar umbrales de 175 kg/ha para alcanzar rendimientos de 6000 kg/ha en el sudeste de Buenos Aires (Información CREA Mar y Sierras), y de 130-140 kg/ha para rendimientos de 4000 kg/ha en el sur de Santa Fe (García et al., 2006). En ensayos recientes, Barbieri et al. (2008) determinaron umbrales de 152 y 126 kg N/ha al momento de la siembra y al macollaje, respectivamente, para alcanzar el 95% del rendimiento máximo (promedios de 5000-5500 kg/ha) en el sudeste de Buenos Aires.

El uso de modelos de simulación es una alternativa de interés para incluir características específicas de suelo, fertilización nitrogenada, manejo de cultivo y de riesgo climático. El software *Triguero*, y su contraparte *Maicero*, (Satorre et al., 2005) ha sido ampliamente evaluado y puede ser utilizado como una herramienta adicional para la toma de decisión en distintas regiones trigueras.

Otras metodologías alternativas, frecuentemente complementarias al análisis de N-nitratos en pre-siembra, son la evaluación de i) N-nitratos en V5-6 para maíz, ii) de nitratos en jugo de pseudotallos de trigo al macollaje o en jugo de base de tallos de maíz en V5-6, y iii) el índice de verdor a través del clorofilómetro Minolta SPAD 502. Esta última determinación ha demostrado ser eficaz para la predicción de contenidos de proteína en granos de trigo. La determinación de N mineralizado en incubaciones anaeróbicas cortas es una medida promisoriosa para diferenciar suelos de acuerdo a su capacidad de mineralización de N durante el ciclo del cultivo (Sainz Rozas et al., 2008).

- Momento correcto de aplicación de N. En trigo, las aplicaciones de N a la siembra del cultivo generalmente resultan en eficiencias de uso similares o superiores que las de aplicaciones al macollaje, en situaciones de baja ocurrencia de precipitaciones durante el período siembra-fin de macollaje. Esta situación es común para una gran parte de la región triguera argentina. Sin embargo, en regiones con excesos hídricos a la siembra y/o probabilidad de precipitaciones elevadas durante el período siembra-fin de macollaje, las aplicaciones diferidas al momento de macollaje pueden presentar una mayor eficiencia del N aplicado resultando en mayores rendimientos y menores pérdidas de N que las aplicaciones a la siembra. Al respecto, Reussi Calvo y Echeverría (2006) estimaron que se pueden registrar excesos hídricos durante el período siembra-macollaje que generen pérdidas de N por lavado en un 33% y 35% de los años, en Balcarce y Tres Arroyos, respectivamente.

En maíz, las aplicaciones en V5-6 resultan generalmente en eficiencias de uso de N mayores que las aplicaciones a la siembra debido a la alta frecuencia de precipitaciones entre siembra y V5-6. Sin embargo, en situaciones de precipitaciones inferiores a 150-200 mm en dicho período, no se han observado diferencias entre momentos de aplicación (Barraco y Díaz Zorita, 2005).

Otros factores a considerar para la decisión de aplicar el N a la siembra o en forma postergada, macollaje o V5-6, son el rendimiento potencial, la disponibilidad inicial de N y la logística.

- Fuente correcta de aplicación de N. La disponibilidad de fuentes de fertilizantes nitrogenadas en el mercado argentino es amplia y permite la elección de la misma según el precio por unidad de N, la eficiencia de cada fuente según la condición ambiental de aplicación, el abastecimiento y la logística de almacenaje y de aplicación. Las evaluaciones realizadas a campo demuestran que bajo condiciones adecuadas de manejo para cada fuente, fundamentalmente forma de aplicación, las eficiencias de uso por unidad de N pueden ser similares entre las fuentes más difundidas: urea, nitrato de amonio, UAN, sulfato de amonio (Keller et al., 1997).
- Forma correcta de aplicación de N. La forma de aplicación de N más eficiente es la incorporación. Sin embargo, las distintas fuentes de N permiten alcanzar eficiencias de uso similares en aplicaciones superficiales (al voleo) cuando se controlan o se conocen algunos factores relacionados con el clima (temperatura, humedad, precipitaciones) y el manejo del suelo (presencia de residuos). Estas diferencias se deben fundamentalmente a la potencial ocurrencia de pérdidas de amoniaco por volatilización a partir de aplicaciones superficiales de urea o fertilizantes que la contengan. Así, aplicaciones superficiales de urea con temperaturas medias del aire inferiores a los 15°C, frecuentemente muestran respuestas a N similares a las aplicaciones incorporadas. Aplicaciones de N como UAN chorreado en superficie son más eficientes que las aplicaciones del mismo producto pulverizado (García y Fabrizzi, 1998).

Otro aspecto importante, a considerar en la aplicación de fertilizantes nitrogenados, es la fitotoxicidad que puede producirse en aplicaciones con la semilla o muy cerca de las plantas. La fitotoxicidad es producida por el efecto salino y la emisión de amoniaco en fase vapor. Este último mecanismo se observa en aplicaciones de urea o fosfato diamónico (Ciampitti et al., 2006).

¿El futuro?

El manejo de los fertilizantes se incluye dentro del contexto agronómico del manejo de las prácticas agrícolas de los sistemas de cultivos. Las MPM de uso de los fertilizantes comprenden un subgrupo interconectado de las MPM del cultivo (Bruuselman et al., 2008). Para que una práctica de utilización de los fertilizantes sea considerada como la “mejor”, esta debe armonizar con otras prácticas agronómicas brindando una combinación óptima para los cuatro objetivos de manejo aplicables al nivel de campo: productividad, rentabilidad, sustentabilidad del sistema de cultivos, y un ambiente social y bio-físico favorable (PRSA) (Witt, 2003). Estos objetivos deben proveer a los objetivos del desarrollo sustentable que incluye aspectos económicos, sociales y ecológicos. Por lo tanto, el desarrollo, la evaluación, la calibración y validación de las MPM a nivel de establecimiento, debe considerar los cuatro objetivos a nivel de campo, como así también, la selección de indicadores que reflejen el impacto combinado a nivel regional, nacional y global. Las relaciones entre las MPM de uso de fertilizantes, los cuatro objetivos de manejo a nivel de campo y el desarrollo sustentable, así como los indicadores involucrados, se pueden observar en la Figura 3.

En este marco, las MPM deben basarse en principios científicos que son globales y también aplicables a nivel de establecimiento. La aplicación de estos principios científicos difiere ampliamente según el sistema de cultivo en consideración (características ecológicas de la región, rotaciones, etc.). Ejemplos de principios científicos aplicables para el desarrollo MPM son el conocimiento de los procesos y mecanismos de las transformaciones de los nutrientes, de la interacción entre nutrientes y con los otros factores de producción, de los efectos sobre calidad de los cultivos, de la compatibilidad de mezclas

fertilizantes, etc. (Bruuselma et al., 2008). Los desarrollos futuros en el manejo integral de N, y otros nutrientes, a nivel de establecimiento, región o país deben responder a principios científicos.



Figura. 3. Marco global para las mejores prácticas de manejo (MPM) para el uso de los fertilizantes (Bruuselma et al., 2008).

Necesidades

- Integración y cuantificación de los procesos y las transformaciones de N: Las investigaciones actuales y futuras en el ciclo del N deberían integrar los procesos y cuantificar las transformaciones de N en los agrosistemas a escala de lote y cuenca, de manera de contar con información básica no solo a los efectos de alcanzar una mayor producción y eficiencia de uso sino también de conocer con mayor detalle los impactos ambientales en el uso del nutriente. En estos casos, las limitaciones de orden metodológico y/o económico en la investigación y experimentación son frecuentes. El sector y el país deberían considerar el apoyo a estas investigaciones como una de las prioridades.
- Mejorar la eficiencia de uso del N del suelo y del N aplicado: La intensificación ecológica pretende cubrir la demanda creciente de productos agrícolas satisfaciendo estándares aceptables de calidad ambiental (Witt, 2003). Para lograr este propósito es evidente que las eficiencias de uso de los recursos e insumos involucrados deben maximizarse, siendo el N un recurso e insumo esencial para alcanzar altos rendimientos.

Posibilidades

- Fijación biológica de N: La FBN, y su relación muy cercana con la ciencia biotecnológica, genera expectativas acerca de la posibilidad de optimizar procesos de FBN ya conocidos como en el caso de soja y otras leguminosas, pero también permite vislumbrar la posibilidad de contar con N vía FBN a través de asociaciones rizósfericas o incluso simbióticas en no leguminosas como maíz y trigo. Un aspecto asociado lo constituye la utilización de otros microorganismos que actúan en la rizósfera proveyendo condiciones para un mayor y más

eficiente uso de otros recursos (agua, fósforo, etc.) (Diaz Zorita et al., 2004; Sartori et al., 2006).

- Uso de modelos de simulación: El mayor conocimiento logrado en los últimos años, acerca de los procesos y transformaciones del N y otros componentes del sistema, han permitido generar modelos de simulación de crecimiento, desarrollo y rendimiento con bases mecanísticas mas robustas que resultan en una mejor predicción del comportamientos de cultivos. Estos modelos pueden utilizarse en etapas de pre-siembra (el ya mencionado software *Triguero* es un ejemplo) o incluso durante el desarrollo del cultivo. Los modelos de simulación que incorporan información en tiempo real pueden complementarse con sistemas de aplicación de N durante el ciclo del cultivo, incluso en dosis variables.
- Rotaciones y asociaciones de cultivos: Generalmente, el N se maneja en función del cultivo inmediato dada su movilidad y la posibilidad de perdidas por vía gaseosa y/o por drenaje. Investigaciones y experiencias más recientes revelan la posibilidad de evaluar el manejo de N dentro de sistemas de rotación, es decir manejar la residualidad del N. Al respecto, los trabajos del Dr. Moraes Sa en Paraná (Brasil) han sido innovadores. La posibilidad de contar con rotaciones que incluyan cultivos de cobertura funcionando como proveedores de N del aire vía FBN (leguminosas como vicia y otras) o como trampas para el N residual (gramíneas) debe ser estudiada con mayor profundidad para nuestros sistemas de producción.
- Tecnologías de fertilización: Nuevos desarrollos en cuanto a fuentes de N de liberación lenta o controlada y productos que controlan la transformación del N del suelo ofrecen alternativas para mejorar la eficiencia de uso del N. Al mismo objetivo contribuyen los sistemas de aplicación de dosis variable de N en pre-siembra o a lo largo del ciclo del cultivo que se están evaluando actualmente en el país (Melchiori et al., 2005).
- Interacciones de N con otros factores de producción: La mayor eficiencia de uso del N se lograra integrando el manejo de N con los otros factores de producción y optimizando el uso de los mismos. Es difícil vislumbrar una alta eficiencia de uso del N si no manejamos en forma correcta el agua, el fosforo, el azufre, las fechas de siembra, la elección del hibrido o variedad, etc.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez C, Rimski-Korsakov H, Prystupa P y Lavado RS. 2007. Nitrogen dynamics and losses in direct drilled maize systems. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 38 (15-16):2045-2059.
- Alvarez, R. (Ed.). 2005. Fertilizacion de Cultivos de Granos y Pasturas: Diagnostico y recomendacion en la Region Pampeana. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomia-Universidad de Buenos Aires.
- 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* 18:14-19. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Alvarez R y Steinbach HS. 2006a. Salidas de nitrógeno del agrosistema. In: Alvarez R (Ed). *Materia orgánica. Valores agronómicos y dinámica de suelos pampeanos*. EFA, Buenos Aires, Argentina. pp: 99-117

- Alvarez R y Steinbach HS. 2006b. Entradas de nitrógeno al agrosistema. In: Alvarez R (Ed.). *Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos*. EFA, Buenos Aires, Argentina. pp: 93-98
- Aparicio, V., J. Costa y M. Zamora. 2008. Nitrate leaching assessment in a long-term experiment under supplementary irrigation in humid Argentina, *Agric. Water Manage.* doi:10.1016/j.agwat.2008.06.003. *en prensa*.
- Barbieri P. A., H. E. Echeverría, y H. R. Sainz Rozas. 2008. Nitratos en el suelo a la siembra o al macollaje como diagnostico de la nutrición nitrogenada en trigo en el sudeste bonaerense. *Actas CD XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. San Luis. AACS.
- Barraco M. y M. Díaz Zorita. 2005. Momento de fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en hapludoles típicos. *Ciencia del Suelo* 23 (2):197-203.
- Berardo A. 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la Estación Experimental INTA-Balcarce. *Boletín Técnico* No. 128. EEA INTA Balcarce.
- Bergh R., M. Zamora M. Seghezzo y E. Molfese. 2003. Fertilización nitrogenada foliar en trigo en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires. *Informaciones Agronómicas* 19:15-19. INPOFOS Cono Sur.
- Brenzoni E y Rivero E. 1999. Fijación biológica de N₂ en alfalfa, en diferentes suelos de la región pampeana de Argentina. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile.
- Bruuselman T. C. Witt, F. Garcia, S. Li, T. N. Rao, F. Chen y S. Ivanova. 2008. A global framework for fertilizer BMPs. *Better Crops* 92(2):13-15.
- Ciampitti I.A., Ciarlo E. A. y Conti M.E. 2008. Nitrous oxide emissions from soil during soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] crop phenological stages and stubbles decomposition period. *Biol Fertil Soils* (2008) 44:581–588.
- Ciampitti I., F. Micucci, H. Fontanetto y F. García. 2006. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: Efectos fitotóxicos. *Informaciones Agronómicas* No. 31. *Archivo Agronómico* No. 10. pp. 1-8. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- Collino, D., de Luca, M., Peticari, A., Urquiaga Caballero, S. y Racca, R. 2007. Aporte de la FBN a la nutrición de la soja y factores que la limitan en diferentes regiones del país. XXIII Reunión Latinoamericana de Rizobiología. Los Cocos, Córdoba, Argentina. 25-29 de marzo de 2007. Libro de Resúmenes
- Cordone G. y F. Martínez. 2004. El monocultivo de soja y el déficit de nitrógeno. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 24:1-4. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Diaz Zorita M, R. Baliña, M. Fernandez Canigia y A. Peticari. 2004. Producción de cultivos de trigo inoculados con *Azospirillum brasiliense*. *Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Paraná, Entre Ríos. AACS. p. 107.
- Dobermann A. 2007. Nutrient use efficiency – measurement and management. pp 1-28. *En Fertilizer Best Management Practices*. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). 7-9 March, 2007. Brussels, Belgium.

- García F., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, G. Deza Marin y A. Berardo. 2006. La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. AACREA. 32 pp. ISBN 987-22576-7-1.
- García F. e I. Daverede. 2007. Diagnóstico para recomendación de fertilización nitrogenada en cultivos de interés económico. En T. Yamada, S. Abadía y G. Vitti (ed.). Nitrogenio e enxofre na agricultura brasileira. IPNI Brasil. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil. pp. 277-320. ISBN 978-85-98519-03-6. García F. O. y K. P. Fabrizzi. 1998. Fertilización de trigo y maíz bajo siembra directa en el Sudeste de Buenos Aires. Boletín Técnico No. 150. EEA INTA Balcarce. Buenos Aires.
- García F., K. Fabrizzi, L. Picone y F. Justel. 1999. Volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados superficialmente bajo siembra directa y labranza convencional. 14º. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile. 8-12 Noviembre 1999.
- González Montaner J., G. Maddoni y M. R. Di Napoli. 1997. Modeling grain yield and grain yield response to nitrogen in spring wheat crops in the Argentinean Southern Pampa. Field Crops Research 51:241-252.
- González Montaner J., G. Maddonni, N. Mailland y M. Porsborg. 1991. Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo a partir de un modelo de decisión para la Subregión IV (Sudeste de la Provincia de Buenos Aires). Ciencia del Suelo 9 (1-2):41-51.
- Keller, O.; H. Fontanetto y S. Gambaudo. 1997. Dosis y fuentes nitrogenadas en siembra directa de maíz. I.N.T.A., E.E.A. RAFAELA. Publicación Miscelánea N° 82: 130-131.
- Lavado R., H. Echeverría y H. Rimski-Korsakov. 2007. Balance of soil nitrogen in croplands of the Argentinean Pampas. Comparison between the two main productive areas. XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. SLCS. León, Mexico.
- Melaj MA, Echeverría HE, López SC, Studdert GA, Andrade F and Bárbaro NO. 2003. Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. Agronomy Journal 95: 1525-1531.
- Melchiori R., O. Caviglia, N. Faccendini, A. Bianchini y W. Raun. 2005. Evaluación de refertilización nitrogenada basada en un sensor óptico. Actas VII Congreso Nacional de Maíz. AIANBA-Maizar. Rosario, Santa Fe.
- Palma RM, Rímolo M, Saubidet MI and Conti ME. 1997. Influence of tillage system on denitrification in maize cropped soils. Biology and Fertility of Soils 25: 142-146.
- Picone LI, Videla CC y García FO. 1997. Desnitrificación durante el cultivo de trigo en un Argiudol típico bajo siembra directa y labranza convencional. Ciencia del Suelo 15: 53-58.
- Portela SI, Andriulo AE, Sasal MC, Mary B y Jobbágy EG. 2006. Fertilizer vs. organic matter contributions to nitrogen leaching in cropping systems of the Pampas: 15N application in field lysimeters. Plant and Soil 289: 265-277.
- Prystupa P (Ed.). 2007. Tecnología de la fertilización de cultivos extensivos en la Región Pampeana. EFA, Buenos Aires, Argentina. 224 p.
- Reussi Calvo N and Echeverría HE. 2006. Estrategias de fertilización nitrogenada en trigo: balance hídrico para el sur bonaerense. Ciencia del Suelo 24: 115-122.

- Rillo S. y P. Richmond. 2006. Evaluación de tres criterios de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz en siembra directa en un suelo hapludol. *Maíz en Siembra Directa*. 78-84. AAPRESID. Rosario, Santa Fe.
- Rimski-Korsakov, H., Rubio, G. y Lavado, R.S. 2007a. Pérdidas por volatilización de amoníaco en cultivos de maíz fertilizados con nitrógeno. In: Lázzari MA and Videla C (Eds.) *Isótopos estables en Agroecosistemas*. pp: 53-57.
- Rimski-Korsakov, H., Rubio, G. y Lavado, R.S. 2007b. Recuperación del nitrógeno aportado por fertilización en maíz. In: Lázzari MA and Videla C (Eds.) *Isótopos estables en Agroecosistemas*. pp:47-52
- Rimski-Korsakov H., G. Rubio, I. Pino y R. S. Lavado. 2008. Destino del nitrógeno del fertilizante en un cultivo de maíz. *Informaciones Agronómicas* 39: *en prensa*. IPNI Cono Sur.
- Roberts T.L. 2007. Right product, right rate, right time, and right place...the foundation of best management practices for fertilizer. pp. 29-32. *En Fertilizer Best Management Practices*. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). 7-9 March, 2007. Brussels, Belgium.
- Ruiz R., E. Satorre, G. Maddoni, J. Carcova y M. Otegui. 2001. Umbrales de decisión para la fertilización nitrogenada en maíz. VII Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- Sainz Rozas H, Echeverría HE y Picone LI. 2001. Denitrification in maize under no-tillage: effect of nitrogen rate and application time. *Soil Science Society of America Journal* 65:1314-1323.
- Sainz Rozas H; Echeverría, HE y Barbieri, P. 2004. Nitrogen balance as affected by application time and nitrogen fertilizer rate in irrigated no-tillage maize. *Agronomy Journal* 96: 1622-1631.
- Sainz Rozas H, P. Calviño, H. Echeverría, P. Barbieri, y M. Redolatti. 2008. Contribution of Anaerobically Mineralized Nitrogen to the Reliability of Planting or Presidedress Soil Nitrogen Test in Maize. *Agron Journal* 100: 1020-1025.
- Sartori M., A. Thuar y C. Olmedo. 2006. Efecto de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de soja. *Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del suelo*. Salta-Jujuy. AACs. p. 207.
- Satorre E. y col. 2001. Bases de decisión para la fertilización nitrogenada en las zonas Norte de Buenos Aires, Sur de Santa Fe y Centro de AACREA. Cuadernillo de Actualización Técnica No. 63. AACREA. Buenos Aires, Argentina.
- Satorre E., F. Menéndez y G. Tinghitella. 2005. El modelo Triguero: Recomendaciones de fertilización nitrogenada en trigo. Simposio "Fertilidad 2005: Nutrición, Producción y Ambiente". Rosario, 27-28 Abril. INPOFOS Cono Sur-Fertilizar A.C. pp. 3-11.
- Snyder C.S. y T.W. Bruulsema. 2007. Nutrient Use Efficiency and Effectiveness in North America: Indices of Agronomic and Environmental Benefit. International Plant Nutrition Institute. Reference # 07076.
- Videla C, Ferrari J, Echeverria HE y Travaso MI. 1996. Transformaciones del nitrógeno en un cultivo de trigo. *Ciencia del Suelo* 14: 1-6.



Witt C. 2003. Fertilizer use efficiencies in irrigated rice in Asia. Proceedings of the IFA Regional Conference for Asia and the Pacific, Cheju Island, Republic of Korea, 6-8 October 2003. [online]. Disponible en www.fertilizer.org (last update 2003; accessed 27 Sept. 2005). Paris: International Fertilizer Association.

Zubillaga MS, Zubillaga MM, Urricariet S y Lavado RS. 2002. Effect of nitrogen sources on ammonia volatilization, grain yield and soil nitrogen losses in no-till wheat in an Argentine soil. *Agrochimica* 46: 100-107.