



IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL
DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR



DICIEMBRE
2008

CONTENIDO

- MANEJO INTENSIVO AL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES
- EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ASOCIADAS CON EL USO DE FERTILIZANTES
- FERTILIZACIÓN EN LENTEJA - SOJA DE 2º
- ROTACIONES ALTERNATIVAS DE CULTIVOS EN LA REGION SEMIARIDA DE EE.UU.
- RESPUESTA A N Y EFICIENCIA DE USO DE AGUA EN MAIZ
- FERTILIZACION DE PASTURAS Y RELACIONES DE PRECIOS INSUMO-PRODUCTO

MANEJO INTENSIVO AL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES DE PINUS SP. Y EUCALYPTUS SP. EN CHILE Y ARGENTINA

Rafael Rubilar¹, Thomas Fox², Lee Allen³, Tim Albaugh³ y Colleen Carlson²

¹ Cooperativa de Nutrición Forestal para América Latina, Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Chile. ² Cooperativa de Nutrición Forestal, Departamento Forestal, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA. ³ Cooperativa de Nutrición Forestal, Departamento de Recursos Naturales, North Carolina State University, USA.

rrubila@unity.ncsu.edu

El manejo integrado en cuanto a elección de especies y genotipos y las mejores prácticas de manejo silvícolas permiten maximizar la rentabilidad del sitio. Este artículo discute estos aspectos para el establecimiento de plantaciones en Chile y Argentina.

Introducción

En Chile y Argentina se han establecido más de 3 millones de hectáreas de plantaciones forestales de especies exóticas manejadas intensivamente (Ibañez et al., 2004; SAGPyA, 2006). Las principales especies incluyen *Pinus radiata*, *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* entre las especies del género *Pinus*, y *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus grandis* entre las especies del género *Eucalyptus*. La industria forestal ha seleccionado estas especies en base a las propiedades de su fibra y sus altas tasas de crecimiento. Rotaciones de entre 7 a 15 años son actualmente manejadas con objetivos pulpables, y de 15 a 28 años con objetivos



Plantaciones forestales en Valdivia (Chile).



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/lasc

Propietario: International Plant Nutrition
Institute (IPNI)

ISSN 1666 - 7115

No. de Registro de Propiedad Intelectual: 687220

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: www.agroeditorial.com.ar - amatthiess@amatthiess.com.ar

Impresión: Grancharoff Impresores



Contenido:

Manejo Intensivo al Establecimiento de Plantaciones Forestales de Pinus sp. y Eucalyptus sp. en Chile y Argentina	1
Mejores Prácticas de Manejo para Minimizar las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero asociadas con el Uso de los Fertilizantes	7
Fertilización en Lenteja - soja de 2°	
Fuentes de fertilizantes y efecto residual en soja de 2°	11
Rotaciones alternativas de cultivos en la región semiárida de las grandes llanuras de EE.UU.	13
Respuesta a la fertilización nitrogenada y eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maíz según nivel hídrico	17
Fertilización de Pasturas: Respuesta y Relación de Precios para la Producción de Carne y Leche	21
Publicaciones y Congresos	26

aserrables (madera estructural, madera libre de nudos y debobinable). El éxito alcanzado por los programas de forestación y el crecimiento de la industria forestal en ambos países ha contado con el desarrollo paralelo de programas tecnológicos intensivos. Durante los últimos 20 años, programas de investigación cooperativo de carácter nacional e internacional, enfocados en silvicultura intensiva específica al sitio y mejoramiento genético, han permitido aumentar la productividad de las plantaciones entre un 20 a 50%, y/o reducir las edades históricas de rotación en 2 a 5 años. Se presenta a continuación una síntesis de las principales estrategias utilizadas en el desarrollo de programas de establecimiento, que se han venido desarrollando en los últimos 20 años en ambos países, con énfasis en técnicas de silvicultura específica al sitio para el establecimiento de plantaciones forestales manejadas intensivamente.

Selección de Especies

Una de las condiciones necesarias para maximizar la productividad de plantaciones forestales manejadas intensivamente consiste en la correcta selección de especie para un "sitio" determinado acorde a los objetivos de producción. En la selección de la especie se deben considerar condiciones climáticas y de suelo, además de potenciales problemas de plagas y enfermedades actuales y potenciales.

Programas de Mejoramiento Genético

Programas Intensivos de mejoramiento genético han enfocado sus esfuerzos en la selección de plantas de alto valor genético a partir de ensayos de progenie.

Huertos semilleros, con material seleccionado inclusive de segundas y terceras generaciones de selección, son manejados por medio de polinización artificial cerrada (hermanos completos) o abierta (medios hermanos) para la obtención de semilla de alta ganancia genética. Alternativamente, la propagación del material genético de alto valor es desarrollada por medios de propagación vegetativa. Sin embargo, el mayor impacto de los programas de mejoramiento genético ha sido en la mayor calidad de la materia prima para su procesamiento industrial. Ganancias en la densidad básica y calidad de fibra pulpable, así como también en las características de las trozas para aserrío (ej: rectitud fustal) han generado grandes aumentos de valor de cada unidad de volumen o biomasa producida (McKeand y Allen, 2005).

Producción de Plantas

El proceso de producción de plantas para plantaciones forestales manejadas intensivamente requiere considerar etapas clave como un adecuado proceso de viverización que permita realizar la selección del tipo de planta acorde a la temporalidad y condiciones del sitio donde se planifica establecer la especie (May, 1984; Morris y Campbell, 1991; Mason 2004). Diferentes esquemas de viverización (raíz desnuda y raíz cubierta) para material de semilla o proveniente de estacas generan diferentes estructuras de sistema radical, masa y succulencia foliar, además de las condiciones nutricionales iniciales al establecimiento. Estas características condicionan la mayor o menor resistencia de las plantas a ataques de plagas e insectos, condiciones de estrés hídrico, y daños por heladas o viento.

Las características del tipo de suelo inciden en la selección del tipo de planta a producir, considerando en conjunto los métodos de preparación de suelo y plantación. Para suelos que no presenten propiedades físicas restrictivas, o sin limitaciones hídricas o de fertilidad, el uso de plantas producidas a raíz desnuda o en contenedores no es de importancia (Mason, 2004). En suelos de baja retención de humedad, sujetos a condiciones de estrés hídrico post-plantación, el uso de plantas producidas en contenedores es deseable. Finalmente, uno de los aspectos más críticos para lograr un buen desarrollo posterior de las plantas post-salida del vivero, consiste en minimizar el tiempo de transporte y condiciones de estrés de las plantas antes de ser establecidas.

Establecimiento de Plantaciones

A continuación se revisan las principales estrategias utilizadas y los criterios de selección de técnicas de establecimiento para plantaciones manejadas intensivamente:

Preparación de Sitio

Esta etapa considera la adecuada manipulación de los desechos de la rotación anterior, a excepción de trabajos de drenaje en sitios con exceso de humedad, preparación de cubiertas de mulch en sitios con restricciones hídricas, y establecimiento de especies fijadoras de nitrógeno en sitios de muy baja fertilidad. Sitios de menor fertilidad requieren favorecer la mantención e incorporación de la materia orgánica para maximizar la disponibilidad de recursos nutricionales. Variados estudios han demostrado que entre un 5 a 50% del nitrógeno del sitio puede estar almacenado en los residuos provenientes de la cosecha anterior (Rubilar, 2005). Sin embargo, un alto volumen de desechos puede limitar la operación y efectividad de la preparación de suelo y el adecuado desarrollo del sistema radical de las plantas.

En sitios de menor fragilidad con altos niveles de materia orgánica del suelo, la quema controlada puede ser utilizada como estrategia de reducción de desechos. Sin embargo, dadas las actuales regulaciones ambientales, la quema de desechos no es considerada una opción extensiva. Complementariamente, en suelos de bajo tenor de materia orgánica, el picado de desechos por medio de trituración mecánica ha sido implementado como estrategia de menor impacto en el ciclaje de nutrientes.

La necesidad de realizar preparación de suelo debe ser considerada en conjunto con las tasas de crecimiento potencial. Respuestas en sobrevivencia y uniformidad del rodal son de gran importancia, inclusive cuando las respuestas en crecimiento sean de menor

magnitud. Es esencial considerar reducciones en los costos de plantación y en la evaluación económica de las respuestas a la preparación de sitio.

Control de Vegetación Competidora

Una de las técnicas silvícolas de mayor importancia en el manejo intensivo de plantaciones forestales corresponde a reducir el impacto por recursos del sitio generado por la vegetación competidora (Watt et al., 2003; Albaugh et al., 2004). El control de competencia en muchas situaciones puede definir la rentabilidad económica de una plantación al afectar tanto la sobrevivencia como el crecimiento de la plantación (Garau et al., 2006). La magnitud de respuesta o ganancia económica del control de malezas esta modulada por las características del sitio y de las especies competidoras principales. Sitios donde existe una alta disponibilidad de recursos hídricos, y donde no existen grandes limitaciones nutricionales, generan una respuesta de menor magnitud en crecimiento comparada a la respuesta encontrada en sitios con limitaciones de recursos (Albaugh et al., 2004; Rubilar, 2005; Rubilar et al., 2008). La mantención de un adecuado control de malezas en los primeros años de desarrollo permite la captura del potencial natural del sitio por parte de la plantación y su posterior desarrollo libre de mayores interferencias (Albaugh et al., 2004; Rubilar, 2005).

Respecto a la mejor estrategia de control de especies competidoras, considerando intensidad y duración, esta presenta alta especificidad. En el caso de especies del género *Eucalyptus* o material genético del género *Pinus* con altas tasas de crecimiento, se requiere de un intensivo control de malezas que acompañe hasta el cierre de copas del cultivo dada la alta demanda de recursos (Pezzutti y Caldato, 2004). Sin embargo, para especies del género *Pinus*, se han observado una mayor gama de situaciones dada su menor demanda y mayor tolerancia a condiciones de competencia (Pezzutti, 2000; Rubilar, 2005).

Fertilización

El uso de fertilizantes al establecimiento de plantaciones manejadas intensivamente, dado un adecuado control de malezas, es una herramienta clave para



Figura 1. Preparación de sitio en fajas en terrenos en pendientes (izquierda) y quema de desechos de cosecha (derecha).

el aumento de la productividad forestal de especies de rápido crecimiento en Argentina y Chile.

Gran parte de los fundamentos para el desarrollo de extensivos programas de fertilización han sido inicialmente desarrollados en base a experiencias internacionales. Beneficios de la fertilización al establecimiento de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* en suelos con mal drenaje, y deficientes en fósforo (P), localizados en la planicie costera baja del sudeste de los EE.UU., son ampliamente reconocidos. Las respuestas observadas en estos sitios pueden alcanzar entre 3 a 4 m³ha⁻¹ año, representando cerca de un 100% de ganancia sobre plantaciones no fertilizadas a la edad de rotación (Allen y Albaugh, 2000). Del mismo modo, experiencias para *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *E. grandis* en Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica, han demostrado respuestas positivas a la fertilización (Wollons y Snowdon, 1981; Donald et al., 1987). La respuesta a la fertilización de plantaciones forestales establecidas intensivamente en Chile y Argentina ha sido variable y de incierta proyección en el tiempo (Alvarez et al., 1999). Las causas de tal variabilidad en las respuestas radican en una serie de factores donde se conjugan:

- baja demanda nutricional de algunas especies en etapas de desarrollo temprano y altos niveles de disponibilidad en el sitio,
- desconocimiento de las limitaciones nutricionales efectivas del sitio,
- pérdidas por volatilización (Kissel et al., 2004),
- interacción entre disponibilidad nutricional e hídrica dentro de la temporada de crecimiento.

En suelos Ultisoles y Alfisoles localizados en Argentina, respuestas de 10 a 30% en índice de volumen (d²*h) para *Pinus taeda* a la fertilización fosforada aplicada al establecimiento han sido reportados por Fernandez et al. (1999) e Ibañez et al. (2004). Similares magnitudes de respuesta en crecimiento han sido reportadas para la fertilización fosforada al establecimiento de *E. grandis* (Lupi et al., 2000). Estudios detallados han relacionado la disponibilidad de P en el suelo con la productividad de *E. grandis* en estos sitios (Aparicio y Lopez, 1995). No existen amplios antecedentes respecto a fertilización con otros macro o micro elementos en plantaciones de *P. taeda* y *P. elliottii* manejadas intensivamente en Argentina. Fernandez et al. (1999) observaron una respuesta negativa a nitrógeno (N) y una interacción N* potasio (K) para *P. taeda* en un suelo Kandiu-dalf.

En Chile, respuestas de 100% o más en crecimiento para la fertilización al establecimiento con boro (B), para una amplia variedad de sitios, han sido reportados exhaustivamente (Tollenaar, 1970; Toro y Gessel, 1999). Las mayores deficiencias están asociadas a suelos de origen granítico, metamórfico y de cenizas volcánicas antiguas de bajo contenido de B,

las cuales se intensifican en años secos (Gerding et al., 1985). Sin duda la adición de 2 a 3 g de B por planta es fundamental para lograr el establecimiento y adecuado desarrollo de *P. radiata* y *Eucalyptus* sp., dada su conocida deficiencia en la mayoría de los sitios donde se establecen estas especies (Toro y Gessel, 1999). De esta manera, la fertilización con B se ha transformado en una herramienta preventiva básica al establecimiento (Alvarez, 1999). Respuestas a otros microelementos, a pesar de ser testeadas, no han sido claramente reportadas en la literatura.

Pinus

A pesar de que en la década de los 90 un alto porcentaje de plantaciones al establecimiento de *Pinus radiata* recibían fertilización completa con N, P, K y B, las respuestas para una gama de sitios han sido altamente variables. Respuestas a los 6 meses de 20% en índice de volumen (d²*h) para fertilización con 100 g de N y 50 g de K en suelos metamórficos de la Cordillera de la Costa han mostrado nula expresión a los tres años de desarrollo (Rubilar, 1998). Estudios no publicados de Toro han mostrado respuestas al primer año de 13% a 43% en índice de volumen en suelos graníticos y de 11 a 23% en suelos de cenizas volcánicas recientes (trumao) con formulaciones de 80 a 100 g de N, 50 a 100 g de P y 25 g de B por planta. Experiencias de Alvarez et al. (1999), en diversos tipos de suelo, demostraron buenas respuestas (> 10% en índice de volumen) con dosis entre 100 a 200 Kg de P₂O₅ ha⁻¹ para suelos deficientes. En el caso de N, existen pocas evidencias de respuestas a fertilización nitrogenada al establecimiento de *P. radiata* (Alvarez, 1999; Rubilar, 2005), sin embargo, es común observar un mayor crecimiento y homogeneidad de la plantación al primer año de crecimiento en suelos erosionados de primera rotación. Datos de Alvarez et al. (1999) para suelos Andisoles indican respuestas de 20% a la fertilización con 20 g de N por planta al primer y segundo año de la plantación, y de 160% a 200 g de P por planta al primer año. Respuestas diferenciadas de 10 a 40% a la fertilización al establecimiento de dos familias genéticas de *P. radiata*, a los tres años de crecimiento, han sido reportadas por Toro et al. (1998).

Eucalyptus

En el caso de especies del género *Eucalyptus*, mezclas sitio específicas que consideran 70 a 350 g de principalmente N, P, K, y B, en combinaciones de uno o más elementos, han sido aplicadas desde la VI a la X regiones de Chile. Dosis de entre 50 a 100 g de N y 25 a 100 g de P por planta al establecimiento, y refertilizaciones al segundo y tercer año, han sido utilizadas exitosamente (Bonomelli y Suarez, 1999a, 1999b). Experiencias realizadas por Forestal Colcura

y Forestal Arauco en la aplicación de fertilizantes líquidos en casilla de plantación a *E. globulus*, junto con fertilización sólida, indican respuestas de 1 a 3 m de altura adicionales a los cuatro años de establecida la especie (Fuentes y Rebolledo, 1998). Sin embargo, respuestas económicamente no atractivas han sido encontradas para fertilización de *E. nitens* con roca fosfórica en suelos rojo arcillosos con alta pluviometría (Barrera, 2006). Bonomelli y Suarez (1999a, 1999b), aplicando una fertilización completa consistente en 50 g de N, 22 g de P, 42 g de K, 24 g de azufre (S), 12 g de magnesio (Mg) y 3.3 g de B al establecimiento, han reportado ganancias de entre 33% a 57% en biomasa total a los 3 años para *E. globulus* en Valle Central y Costa, y de 33% para *E. nitens* en Precordillera Andina a la misma edad. Las magnitudes de respuesta son coincidentes con investigación internacional (Pereira et al., 1989). En algunos sitios con presencia de heladas, se han reportado efectos negativos de la fertilización intensiva dado el estado de succulencia y susceptibilidad de tejidos de estas especies bajo condiciones de crecimiento acelerado (Geldres y Schlatter, 2004).

Deficiencias de elementos nutricionales en sitios forestales están altamente relacionadas al uso anterior del terreno y su grado de erosión. Suelos altamente erosionados, o abandonados debido a un intensivo y extractivo uso anterior agrícola, en muchos casos presentan buenas respuestas a la fertilización. Las actuales tendencias en los programas de fertilización al establecimiento son el desarrollo de programas de manejo nutricional específicos al sitio. En estos se consideran variables del potencial de crecimiento del material genético en un sitio con un clima determinado, las prácticas de manejo previas, además de propiedades físicas y químicas específicas de suelo.

Combinación de Estrategias y Desafíos Futuros

Sin duda los beneficios de la combinación de preparación de suelo, control de malezas y fertilización son ampliamente aceptados (Nambiar, 1984; Mason y Milne, 1999), sin embargo, la adecuada selección de técnicas e intensidad silvícola debe ser evaluada en función de los retornos económicos esperados a la edad de rotación (Albaugh et al., 2004). Es fundamental en la evaluación económica a realizar, considerar integralmente las reducciones o aumentos de costos en plantación, replantes, controles de malezas adicionales, sobrevivencia y calidad de la madera producida, además de las posibles interacciones con vientos, heladas, plagas o enfermedades, que puedan ser exacerbadas por alguna mala selección de estrategias. Un aspecto de gran importancia en el éxito de un programa de silvicultura específica al sitio lo constituye la oportunidad de ejecución de las ope-

raciones silvícolas, las cuales deben ser planificadas y ejecutadas en sus ventanas de aplicación apropiadas para lograr las respuestas esperadas.

El establecimiento de plantaciones forestales requiere de inversiones de largo plazo, por lo cual es crucial predecir respuestas específicas al sitio para poder realizar decisiones de manejo que sean efectivas en costo y económicamente rentables (Mason y Milne, 1999).

De esta manera dentro de los mayores desafíos que enfrenta el establecimiento intensivo de plantaciones forestales se plantea la correcta definición de especies y genotipos junto con la adecuada combinación de técnicas silvícolas que permitan maximizar la rentabilidad del sitio de una manera sustentable o ecológicamente aceptable. El uso de sistemas de silvicultura de precisión apoyados por información de sensores remotos y programas de modelamiento espacial de información son herramientas de apoyo en la adecuada toma de decisiones, sin embargo, la efectividad de estas herramientas requieren de una adecuada comprensión de los procesos ecofisiológicos subyacentes en el desarrollo de especies y genotipos forestales.

Consulte este artículo en formato extendido en www.ipni.net/lasc

Referencias bibliográficas

- Albaugh T.J., R. Rubilar, J. Alvarez y H.L. Allen. 2004. Radiata pine response to tillage fertilization and weed control in Chile. *Bosque*, 25(2).
- Allen H.L. y T.J. Albaugh. 2000. Understanding the Interactions between Vegetation Control and Fertilization in Young Plantations: Southern Pine Plantations in the Southeast USA. In *Proceedings Seminario sobre Manejo de Plantas Infestantes em Áreas Florestais*, Oct 18-19, 2000, Departamento de Ciências Florestais da ESALQ / USP, Brazil.
- Alvarez M.J., J. Rodríguez y D. Suárez. 1999. Mejora-miento de la productividad de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, a través de un método racional de fertilización.



Figura 2. Respuesta de *Pinus taeda* a la combinación de preparación de suelo, control de malezas y fertilización en sitios de tendido bajo a los 3 años de desarrollo.

- Bosque 20(1): 23-36.
- Aparicio J. y J. López.** 1995. Potencial de *Eucalyptus grandis* en los suelos del sudeste de la provincia de Corrientes y algunos factores edáficos relacionados con la producción de madera. *Bosque* 16(2): 81-89.
- Barrera V.** 2006. Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus nitens* de 5 – 7 años de edad, con diferentes manejos nutritivos, en la Región de Los Lagos. Tesis de grado Universidad Austral de Chile. 57 p.
- Bonomelli C. y D. Suarez.** 1999a. Fertilización del Eucalipto. 1 Efecto sobre la acumulación de biomasa. *Ciencia e Investigación Agraria* 26 (1) 1-11.
- Bonomelli C. y D. Suarez.** 1999b. Fertilización del Eucalipto. 2 Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio. *Ciencia e Investigación Agraria* 26 (1) 12-20.
- Donald D., P. Lange, C. Schutz y A. Morris.** 1987. The application of fertilizers to pines in Southern Africa. *South African Forestry Journal* 141:53-62.
- Fernandez R., F. Rodriguez, A. Lupi, A. Hernandez y H. Reis.** 1999. Efectos de diferentes prácticas de preparación de suelo y fertilización sobre el crecimiento inicial de *Pinus* spp en el NE argentino. *Bosque* 20(1):47-55.
- Fuentes C. y J.M. Rebolledo.** 1998. Fertilización en eucalyptus: Uso de fertilizantes líquidos en plantaciones. X Silvotecnica, IUFRO Conference.
- Garau A., G. Meyer y D. de Filippini.** 2006. Establecimiento de *Pinus taeda* en la provincia de Corrientes (Argentina): Efecto del herbicida metsulfurón-metil sobre el crecimiento y la sobrevivencia de los plantines. *Revista Bosque* 27 (2):108-114.
- Geldres E. y J.E. Schlatter.** 2004. Crecimiento de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* sobre suelos rojo arcillosos de la provincial de Osorno, Décima Región. *Revista Bosque* 25 (1):95-101.
- Gerding V., O. Fuentes J. Schlatter y P. González.** 1985. Fertilización con boronotrocalcita en plantaciones jóvenes de *Pinus radiata* en suelos graníticos. *Bosque* 6(2): 100-112.
- Ibañez C., P. Nuñez, R. Pezzutti y F. Rodriguez.** 2004. Efectos de la roturación del suelo y fertilización con fósforo en el crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus taeda*, en suelos rojos del Noreste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Bosque* 25 (2): 69-76.
- Kissel D.E., M.L. Cabrera, N. Vaio, J.R. Craig, J.A. Rema, y L.A. Morris.** 2004. Rainfall Timing and Ammonia Loss from Urea in a Loblolly Pine Plantation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1744-1750.
- Lupi A., R. Fernandez, H. Reis, J. Bernio, J. Elizaul y H. Reboratti.** 2000. Evaluación inicial de técnicas de establecimiento post-tala rasa sobre el crecimiento inicial de *Eucalyptus grandis* hill. ex maiden en el Noreste Argentino. Documento resumen en: Actas de Congreso Mundial IUFRO 2000. Malasia.
- Mason E.G. y P.G. Milne.** 1999. Effects of weed control, fertilisation and soil cultivation on the growth of *Pinus radiata* D.Don at mid-rotation in Canterbury. *Canadian Journal of Forest Research* 29:985-982.
- Mason E.** 2004. Effects of soil cultivation, fertilisation, initial seedling diameter and plant handling on the development of maturing *Pinus radiata* D.Don on Kaingaroa gravelly sand in the Central North island of New Zealand. *Revista Bosque* 25 (2): 43-55.
- May J.** 1984. Southern pine nursery handbook. United States Department of Agriculture. Forest Service Southern Region.
- McKeand S. y H.L. Allen.** 2005. Summary of IEG-40 Meeting: Silviculture and Genetic Impacts on Productivity of Southern Pine Forests. *Southern Journal of Applied Forestry* 29(2) 2005.
- Morris L.A. y R.G. Campbell.** 1991. Soil and Site Potential. 1991. En: Duryea, M.L.; Dougherty, P.M. (Ed.). *Forest regeneration manual*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.117-142.
- Nambiar E.** 1984. Manipulation of water and nutrients in plantations of fast growing species. p. 489-506. In : D.C. Grey, A.P.G. Schonau y C.J. Schutz (Ed.). *Proceedings IUFRO Symp. Site and Productivity of Fast Growing Plantations*. Pretoria and Pietermaritzburg. South Africa 30 April-11 May 1984. Forestry Research Institute. Department of Environment Affairs. Pretoria. 957 p.
- Pereira J., S. Linder, M. Araujo, H. Pereira y J. Landsberg.** 1989. Optimization of biomass production in *Eucalyptus globulus* plantations a case study. In: Pereira J., Landsberg J. Editors. *Biomass production by fast growing trees*: 101-121.
- Pezzutti R.** 2000. Efecto del control de malezas en el crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus taeda* L. del NE de Corrientes, Argentina. En: *Silvoargentina: Avances en el establecimiento de plantaciones de coníferas subtropicales en el Mercosur*. Gob. Virasoro. 16 p.
- Pezzutti R. y S. Caldato.** 2004. Efecto del control de malezas en el crecimiento de plantaciones de *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* var. *elliottii* y *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Revista Bosque* 25(2):77-87.
- Rubilar R.** 1998. Control de malezas y fertilización de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don establecidas en suelos metamórficos del predio Quivolgo II, Constitución, VII Región. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad de Chile.
- Rubilar R.A.** 2005. Environmental constraints on growth phenology, leaf area display, and above and belowground biomass accumulation of *Pinus radiata* (D. Don) in Chile. Ph.D. Dissertation. Dept. of Forestry and Environmental Resources, North Carolina State Univ., Raleigh, NC. 190 pp.
- Rubilar et al.,** 2008. Three-year response of radiata pine plantations to weed control duration and fertilization on metamorphic soils of the VII región Chilean Coastal Range. *Revista Bosque* 29(1): (en impresión).
- SAGPYA.** 2006. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>
- Tollenaar H.** 1970. Deficiencias de boro en plantaciones de pino en la zona central de Chile. Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación. Mérida, Venezuela. 1970. *Boletín* N° 33-34, p. 80-86.
- Toro J., R. Rubilar, C. Gonzalez.** 1998. Métodos para aumentar la productividad de plantaciones de Pino radiata y *Eucalyptus globulus* entre las Regiones Séptima y Octava, In: Simposio IUFRO: Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del siglo XXI. Primer Congreso Latinoamericano. Valdivia, noviembre 1998, 10 p.
- Toro J. y S. Gessel.** 1999. Radiata pine plantations in Chile. *New Forests* 18:33-44.
- Watt M.S., D. Whitehead, E. Mason, B. Richardson y M.O. Kimberley.** 2003. The influence of weed competition for light and water on growth and dry matter partitioning of young *Pinus radiata*, at a dryland site. *Forest Ecology and Management* 183: 363-376.
- Wollons R. y P. Snowdon.** 1981. Theory and practice of forest fertilization. In: *Proceedings Australian Forest Nutrition Workshop, Productivity in Perpetuity*. Melbourne. Australia 1981. CSIRO. 367 p.

MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO PARA MINIMIZAR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ASOCIADAS CON EL USO DE LOS FERTILIZANTES

Cliff Snyder¹, Tom Bruulsema² y Tom Jensen³
 Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI).

¹ Director del Programa de Nitrógeno, Conway, Arkansas, USA; ² Director de la Región Noreste, Guelph, Ontario Canadá; ³ Director de la Región de las grandes planicies del Norte, Saskatoon, Saskatchewan, Canadá.

csnyder@ipni.net

Presentado en el XVI Congreso de AAPRESID. Rosario, 12-15 Agosto 2008.

La agricultura es vista como un gran contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, representa solamente en 8-10% de las emisiones totales en EE.UU. y Canadá. Este artículo sintetiza una revisión reciente de las mejores prácticas de manejo de fertilizantes nitrogenados para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. La revisión completa se encuentra disponible en www.ipni.net

El cambio climático y el calentamiento global continúan siendo temas de considerable debate a nivel científico y de interés público. En forma creciente, la agricultura es vista como un gran contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), emisiones que manejan el potencial de calentamiento global (PCG). Los fertilizantes nitrogenados utilizados han sido identificados como el principal factor. Este trabajo resume una revisión de literatura científica sobre el impacto del uso y manejo de los fertilizantes sobre las emisiones de los GEI (Snyder et al., 2007), representando un breve resumen del conocimiento actual.

La agricultura juega un rol sustancial en el balance de los tres GEI más significativos, y sus emisiones son influenciadas por la actividad humana. Estos tres gases son: dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄). El PCG del N₂O y el CH₄ son de 296 y 23 veces más grandes, respectivamente, que la unidad de CO₂. Entre estos tres gases, el N₂O podría ser el más importante para el uso de los fertilizantes debido a que presenta una mayor influencia en el PCG por unidad equivalente de CO₂.

La agricultura representa un porcentaje menor al 8% de las emisiones totales de GEI en Canadá y menos del 10% en los EE.UU., y, en la actualidad, no se

observan incrementos (Fig. 1). Para la economía total, las emisiones de CO₂ son las más importantes, pero para la agricultura la más importante es la emisión de N₂O (Fig. 2). Las emisiones de CH₄ son principalmente derivadas de la producción ganadera, y contribuyen esencialmente al PCG. A pesar de que las emisiones de N₂O constituyen solamente una fracción menor del total de los GEI en los EE.UU. (Fig. 2); en esta revisión se realiza gran énfasis de las emisiones de óxido nitroso, debido a que la agricultura es la mayor fuente de producción, y esto se relaciona con el manejo del suelo y el uso de fertilizantes nitrogenados.

Las concentraciones atmosféricas de N₂O se han incrementado desde cerca de 270 partes por billón (ppb) durante la era pre-industrial a 319 ppb en el año 2005. Las emisiones de N₂O a partir de la superficie de la tierra se han incrementado en un 40-50%, con posterioridad a los niveles pre-industriales, como resultado de la actividad humana. La proporción de las emisiones de N₂O provenientes directamente de áreas cultivadas, inducida por la fertilización, son estimadas en aproximadamente un 23% a nivel mundial, y presenta un rango entre 24% y 35% en América del Norte.

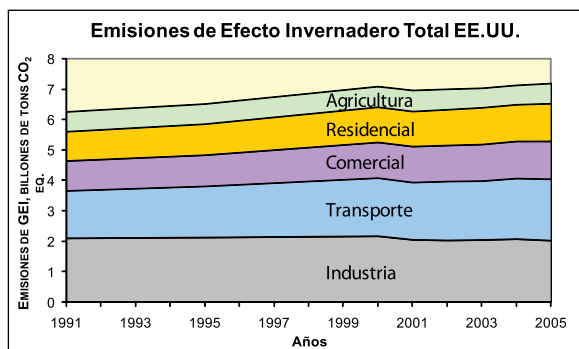


Figura 1. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por sector de la economía de los EE.UU. en billones (10⁹) de toneladas de equivalente en CO₂.

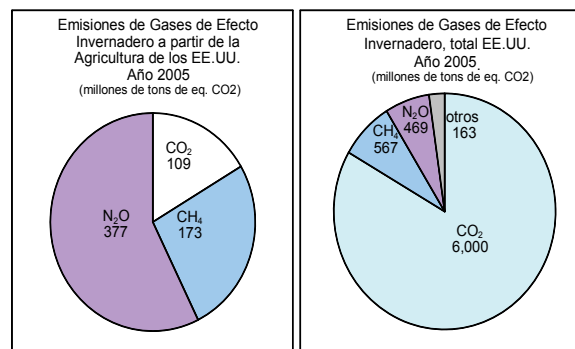


Figura 2. Distribución de las emisiones de gases de efecto invernadero derivado de la agricultura y del total del país, EE.UU.

Fertilizante N – Fuente, Dosis, Momento, Ubicación

La base para un buen manejo de los fertilizantes descansa sobre los principios de utilizar la fuente correcta, en la dosis correcta, en el momento correcto, y con la ubicación correcta (Roberts, 2007). Muchos estudios han mostrado que las condiciones del suelo tales como el espacio poroso ocupado por agua (WFPS), temperatura, y la disponibilidad de carbono (C) soluble tienen una influencia dominante sobre las emisiones de N_2O . Los factores de manejo del cultivo y fuente del fertilizante a utilizar pueden afectar las emisiones de N_2O , pero debido a las interacciones con los factores del suelo es difícil realizar conclusiones generales. Un manejo inadecuado de dosis correcta, fuente, momento, o ubicación del fertilizante N, y la falta de un balance apropiado con otros nutrientes esenciales pueden incrementar la pérdida total de N y las emisiones de N_2O . Cuando el N es aplicado a dosis superiores a la óptima económica, o cuando el N disponible del suelo (especialmente en formas de NO_3^-) excede la absorción realizada por el cultivo, el riesgo de aumento de las emisiones de N_2O se incrementa. Cuando son incluidos leguminosas u otros cultivos fijadores de N en los sistemas de rotación, estos pueden contribuir a un incremento en las emisiones de N_2O , con posterioridad a la cosecha del cultivo, durante la descomposición de los residuos vegetales. Investigaciones alrededor del mundo han mostrado resultados contrastantes en las emisiones de N_2O a partir de diferentes fuentes de fertilizantes N. En la actualidad, basado sobre la literatura disponible, ninguna conclusión puede ser realizada que permita diferenciar una fuente de N como de un gran riesgo de pérdida de N_2O con respecto a otra fuente.

Ureasa e Inhibidores de la Nitrificación, y Mejoradores de la Eficiencia de los productos

Los mejoradores de la eficiencia de los fertilizantes (fertilizantes de liberación lenta y controlada y fertilizantes de N estabilizados) han sido definidos como productos que minimizan la potencial pérdida de nutrientes al medioambiente, comparados con los fertilizantes "solubles". Los fertilizantes con ureasa e inhibidores de la nitrificación han mostrado un buen potencial en incrementar la retención en suelo y la recuperación del N aplicado mediante fertilizante por la planta, pero poco se conoce acerca de sus impactos en las reducciones de las emisiones de N_2O . Los fertilizantes estabilizados, de liberación lenta y controlada han mostrado que incrementan la recuperación por el cultivo y reducen las pérdidas de N vía drenaje o emisiones atmosféricas. Los beneficios en reducir las emisiones de N_2O han sido explorados

en menor grado. Evidencias recientes sugieren que estos pueden ser efectivos en reducir las emisiones en el corto plazo, pero el efecto de las pérdidas en el largo plazo es menos claro. Actualmente, se realizan estudios para mejorar la cuantificación de las emisiones y los beneficios potenciales.

Potencial de Calentamiento Global de los Sistemas Intensivos de Producción de Cultivos

La agricultura es considerada una fuente de los GEI; sin embargo, en ciertas condiciones, la agricultura puede también ser considerada como destino para el CO_2 , resultando en una reducción neta del PCG. La fertilización adecuada puede contribuir a incrementar la materia orgánica del suelo (MOS) o atenuar su reducción. La fertilización inadecuada limita la producción de biomasa por el cultivo, resultando en un menor retorno de C al suelo, menor MOS y, potencialmente, causando una disminución de la productividad del suelo en el largo plazo.

Aplicaciones óptimas de N son necesarias para mantener la productividad primaria del cultivo y la estabilización de la MOS, la cual depende del almacenamiento de carbono orgánico del suelo (COS). Combinaciones de fuente de fertilizante, dosis, momento y ubicación que optimizan la producción de los cultivos minimizan el PCG de las emisiones por unidad de producción, y reducen la necesidad de convertir tierras naturales a la agricultura.

Las prácticas de manejo intensivas de cultivos, las cuales incrementan la absorción de nutrientes mientras logran rendimientos elevados, pueden ayudar a alcanzar reducciones en las emisiones de los GEI a partir de la producción de los cultivos. Cultivos de altos rendimientos pueden incrementar el almacenamiento de C del suelo. El cultivo siguiente de la rotación, tipo de suelo y el manejo de los fertilizantes son factores que ayudan a minimizar el PCG neto: (1) elegir la combinación correcta de variedades o híbridos adaptados, fecha de siembra, y densidad de plantas para maximizar la producción de biomasa por el cultivo; (2) uso de tácticas de manejo de agua y N, incluyendo aplicaciones frecuentes de N para alcanzar una elevada eficiencia de uso del N con mínima oportunidad para la producción de emisiones de N_2O ; y (3) uso de aproximaciones de manejo de los residuos de los cultivos que favorezcan la construcción del COS, como resultado de grandes cantidades de residuos que retornan al suelo.

Mediciones recientes muestran que los grandes factores que contribuyen a generar diferencias entre los sistemas de cultivos en el PCG neto, están relacionados con los cambios en el C del suelo y las emisiones de N_2O (Tabla 1). La misma información muestra que el incremento en el uso de fertilizante N, no siempre produce un aumento en el PCG neto, y

que en sistemas intensivos de producción la utilización de dosis elevadas de N pueden tener un menor PCG por unidad de producción de alimentos, con respecto a los sistemas de bajo input y orgánicos.

La producción intensiva puede resultar en una mayor producción de alimentos por unidad de área. Por ejemplo, los sistemas de secano menos intensivos (MI) requieren un área tres veces mayor para lograr producir la misma cantidad de maíz, respecto al área requerida por los sistemas irrigados (NE) (Tabla 1). La importancia de medición del PCG, por unidad de productividad es acentuada por el hecho que para la mitigación del PCG neto, la liberación de tierras a partir de la producción presenta una gran oportunidad (un ejemplo de conversión de áreas cultivadas a bosques de populus se incluye en la Tabla 1). Las mejores prácticas de manejo (MPM) de los fertilizantes, y las prácticas relacionadas que tienden a incrementar la recuperación del N aplicado por el cultivo, incrementan los rendimientos y reducen el riesgo de las emisiones de los GEI incluyen: fuente de N, dosis, momento y ubicación apropiada; calibración del equipo de aplicación; planeamiento y evaluación del sistema de manejo de nutrientes-labranza-cultivo; uso apropiado de los inhibidores de conversión del N (ureasa, nitrificación) y fuentes de eficiencia mejorada; y consideración de las prácticas sitio-específicas de conservación de

suelos y de aguas, ya que pueden interactuar con otras prácticas de manejo, y también servir como línea secundaria de defensa en limitar la pérdida de nutrientes al medioambiente.

Acciones en el Manejo de los Fertilizantes – Oportunidades y desafíos ambientales

Esta revisión bibliográfica expuso varios desafíos en medir en forma apropiada los efectos combinados de diferentes sistemas de manejo cultivos-labranza-nutrientes sobre las emisiones de los GEI. Un desafío crítico es la falta de mediciones simultáneas de los tres GEI (CO_2 , N_2O , and CH_4) sobre períodos de tiempo prolongados en estudios agronómicos y ambientales. Se convirtió en algo distintivo durante esta revisión, que muchos estudios reportaron emisiones solamente de un GEI, basados en mediciones en tiempos relativamente cortos; a menudo con una duración menor a 30 días. Esta “observación aislada” de la evaluación de las emisiones de los GEI limita la habilidad de determinar, en forma precisa, efectos del manejo de nutrientes y cultivos sobre el PCG neto. Otra deficiencia expuesta en esta revisión es el muestreo inadecuado del COS a lo largo de los sistemas de labranzas. Muchos estudios involucran muestreos no más profundos que los primeros 15 cm superficiales, lo cual resulta en mediciones imprecisas

Tabla 1. Comparación del PCG neto en sistemas de producción de cultivos.

Sistemas de Cultivos			PCG en unidades equivalentes de CO_2 (kg/ha/año)					Rendimiento promedio (t/ha)			Rend. Alim. ¹
Localización	Rotación ⁴	Labranza	C del suelo ⁵	Prod. de fert N ⁶	Comb*	N_2O	PCG Neto	Maíz	Trigo	Soja	Gcal/ha/año
MI ²	M-S-T	LC	0	270	160	520	1140	5.3	3.2	2.1	12
MI ²	M-S-T	SD	-1100	270	120	560	140	5.6	3.1	2.4	13
MI ²	M-S-T bajo input con leguminosas	LC	-400	90	200	600	630	4.5	2.6	2.7	12
MI ²	M-S-T orgánico con leguminosas	LC	-290	0	190	560	410	3.3	1.6	2.7	9
NE ³	MM MPM	LC	-1613	807	1503	1173	1980	14.0			48
NE ³	MM intensivo	LC	-2273	1210	1833	2090	3080	15.0			51
NE ³	M-S MPM	LC	1100	293	1283	917	3740	14.7		4.9	35
NE ³	M-S intensivo	LC	-73	660	1613	1247	3740	15.6		5.0	37
MI ²	Conversión de tierras cultivadas a bosques	SD	-1170	50	20	100	-1050				

1 Rendimiento en alimentos= energía de alimentos calculada a partir de los rendimientos de los cultivos de EE.UU. y la base de datos de nutrientes del USDA <http://riley.nal.usda.gov/NDL/index.html>

2 Michigan, sistemas de cultivos de secano (Robertson et al., 2000)

3 Nebraska, sistemas de cultivos irrigados (Adviento-Borbe et al., 2007)

4 M-S-T = maíz – soja – trigo; CC = maíz continuo

5 Estimaciones del C neto almacenado basadas en los cambios en el C del suelo medido en los primeros 7.5 cm de profundidad en el estudio MI y 30 cm en el estudio NE. Muestreos superficiales o de menor profundidad tienden a sobreestimar en forma sesgada el secuestro de C en sistemas de siembra directa.

6 PCG para la manufactura y el transporte de fertilizante N fue asumido en 4.51 y 4.05 kg CO_2 /kg N en los estudios MI y NE, respectivamente.

Comb*= Combustible

e inadecuadas de masa de C almacenadas, debido a diferencias en la densidad aparente del suelo, patrones radiculares, y biología rizosférica. Hay muchas oportunidades para expandir nuestro conocimiento acerca de los efectos totales del ambiente sobre las prácticas de manejo de nutrientes en la reducción de las emisiones de los GEI y el PCG. Se requiere una gran colaboración en el futuro entre científicos agronómicos y ambientales para lograr los objetivos de producción mundial de alimentos, fibras y combustibles, y ambientales. Algunos de estas oportunidades de colaboración en investigaciones son: manejo apropiado de nutrientes para celulósicos (anual y perennes), cultivos con destino para biocombustibles; evaluación a largo plazo de las pérdidas de nutrientes vía lixiviación/drenaje/escorrentía y mediciones simultáneas de emisiones atmosféricas de CO₂, N₂O, CH₄ para los sistemas de cultivos más importantes a nivel mundial; parcelas grandes o estudios a escala de campo utilizando sensores del status N del cultivo y dosis variables de N y/o evaluaciones de aplicaciones de fuentes variables de N que incluyan pérdidas ambientales y mediciones de las emisiones.

Conclusiones significativas a partir de esta revisión incluyen:

- 1) El uso apropiado de los fertilizantes nitrogenados ayudan a incrementar la producción de biomasa, necesaria para mantener y construir los niveles de COS;
- 2) Las MPM para los fertilizantes N pueden jugar un rol importante en minimizar el contenido de NO₃⁻ residuales en el suelo, lo cual ayuda a disminuir el riesgo de aumento de las emisiones de N₂O;
- 3) Prácticas de labranza que mantengan los residuos de los cultivos sobre la superficie del suelo pueden incrementar los niveles de COS, pero usualmente solo si la productividad del cultivo es mantenida o se incrementa;
- 4) Diferencias en las emisiones de N₂O entre fuentes de fertilizantes dependen de condiciones sitio específicas –climáticas-;
- 5) Sistemas de manejo intensivo de cultivos no necesariamente incrementan las emisiones de los GEI por unidad de cultivo o de producción de alimento; estos sistemas pueden ayudar a liberar áreas naturales a partir de la conversión de tierras cultivadas y permitir la conversión de tierras seleccionadas para bosques en función de mitigar los GEI, mientras se abastece a las necesidades mundiales de biocombustible, alimentos y fibras.

En el corto plazo, es necesario realizar un gran énfasis en la educación de los que realizan la agricultura acerca de: 1) principios básicos de producción, manejo de sistemas de cultivos sustentables; 2) trayectoria de los caminos de la pérdida de nutrientes a los recursos, aire y agua; 3) oportunidades de mitigar las emisiones de los GEI a través de las MPM de los fertilizantes, lo cual nos dice acerca de los caminos de la pérdida de los nutrientes; y 4) gran dialogo entre científicos agronómicos y ambientales, lo cual promueve un entendimiento y colaboración mutua, para evitar la polarización y las relaciones adversarias sobre las emisiones de los GEI y otros temas ambientales. El tópico de las emisiones de los GEI incrementa la necesidad de un elevado nivel de manejo, aplicado al uso de los fertilizantes en los sistemas de cultivos. Así con todas las MPM de los fertilizantes, aquellas seleccionadas necesitan ser evaluadas en el contexto de mitigación de las emisiones de los GEI a partir de los sistemas de producción de cultivos.

Referencias bibliográficas

- Advierto-Borbe M.A.A., Haddix M.L., Binder D.L., Walters D.T. y A. Dobermann.** 2007. Soil greenhouse gas fluxes and global warming potential in four high-yielding maize systems. *Global Change Biology* 13 (9): 1972–1988. doi:10.1111/j.1365-2486.2007.01421.x
- Roberts T.L.** 2007. Right product, right rate, right time and right place...the foundation of best management practices for fertilizer. pp 29-32. *Fertilizer Best Management Practices. General Principles, Strategy for Their Adoption, and Voluntary Initiatives vs. Regulations.* Proc. of IFA International Workshop 7-9 March 2007. Brussels, Belgium. International Fertilizer Industry Association. Paris, France.
- Robertson G.P., Paul E.A. y R.R. Harwood.** 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: Contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science* 289:1922–1925.
- Snyder C.S., Bruulsema T.W. y T.L. Jensen.** 2007. Greenhouse gas emissions from cropping systems and the influence of fertilizer management - a literature review. International Plant Nutrition Institute, Norcross, Georgia, U.S.A.
- U. S. EPA.** 2007. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2005. EPA 430-R-07-002. U.S. Environmental Protection Agency, 1200 Pennsylvania Ave., N.W. Washington, DC 20460.

FERTILIZACIÓN EN LENTEJA - SOJA DE 2º

FUENTES DE FERTILIZANTES Y EFECTO RESIDUAL EN SOJA DE 2º

Gabriel Prieto¹ y Martín Antonelli²

¹AER INTA Arroyo Seco (Santa Fe) y ²Consultor privado

gprieto@arnet.com.ar

El cultivo de lenteja constituye una alternativa económica y productiva, considerando como rotación de cultivos alternativas, lenteja-maíz o lenteja-soja de segunda en el sur de Santa Fe. La información concerniente a la fertilización del cultivo de lenteja, y su efecto residual en el cultivo siguiente de la rotación no es muy amplia, por lo cual contar con esta información es de gran utilidad para la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Este escrito presenta los resultados de un ensayo realizado en la campaña agrícola 2006/2007.

Introducción

El cultivo de lenteja en los departamentos Rosario y Constitución de la Provincia de Santa Fe, constituye una alternativa económica junto con la arveja, como cultivo de invierno. Como dato, en la campaña 2006-2007, se sembró un 11% del área total y si tomamos solamente la cosecha de invierno, representó un 33% (el resto fue trigo y arveja). La lenteja adquiere importancia, especialmente a partir del uso extendido de los maíces tolerantes a *Diatraea*, en el doble cultivo lenteja-maíz de 2º, además del de lenteja-soja de 2º. Los productores de lenteja emplean un paquete tecnológico de insumos no siempre bien probado, como por ejemplo el uso de hormonas, fijadores libres, fertilizantes compuestos de alto costo, fertilizaciones foliares, etc.

Es muy amplia la información acerca del efecto residual de la fertilización en el cultivo de trigo sobre el rendimiento del cultivo de soja de segunda. En cuanto al manejo de la fertilización en el cultivo de lenteja, ésta se fertiliza con una menor cantidad de nutrientes respecto a trigo, por supuesto excluyendo al nitrógeno (N). Así para trigo es normal que en la zona de influencia de la AER Arroyo Seco se fertilice con 16 a 18 kg de fósforo (P) por ha, y la misma

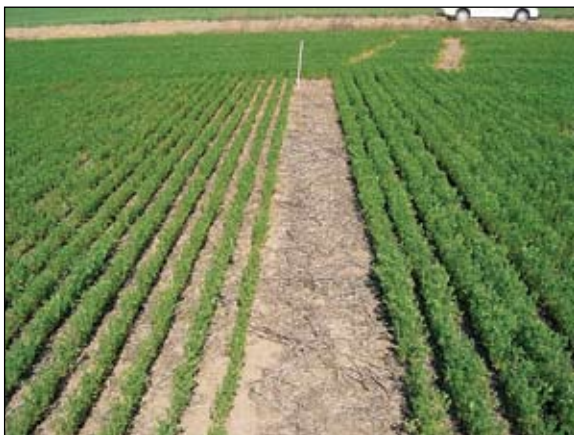


Figura 1. Imagen de tratamientos con diferente nivel de P. La parcela de la izquierda es Testigo y la de la derecha es P.

cantidad de azufre (S), mientras que en lenteja apenas se aporte 9 a 10 unidades de P y 12 a 14 de S, generalmente con la fuente de fertilizante superfosfato simple (SPS). Es por ello que se propuso en este trabajo i) evaluar la respuesta a fósforo y azufre y ii) evaluar tres fuentes de fósforo más azufre, en la secuencia lenteja-soja de 2º.

Metodología

Se estableció un ensayo en un suelo Argiudol vértico de la serie Roldán sin influencia de napa, para evaluar el comportamiento de fosfato monoamónico, tiosulfato de amonio, un fertilizante compuesto por 8 % de P, 3% de N, 10% de S, 14% de calcio (Ca) y 2% de magnesio (Mg) (PS1), superfosfato simple (PS 2), y una mezcla de fosfato monoamónico y tiosulfato de amonio (PS 3), como fuentes de P y S (Tabla 1), con un diseño en bloques completos aleatorizados y tres repeticiones, en franjas de 120 m por 9 m de ancho. En

Tabla 1. Tratamientos y dosis de nutrientes.

Tratamientos	N	P	S	Fuentes
Testigo	-	-	-	-
P	6.0	13.3	-	FMA
S	7.4	-	16.0	TSA
P S 1	4.5	13.3	16.0	Mezcla
P S 2	-	13.3	16.0	SFS
P S 3	14.0	13.3	16.0	FMA + TSA

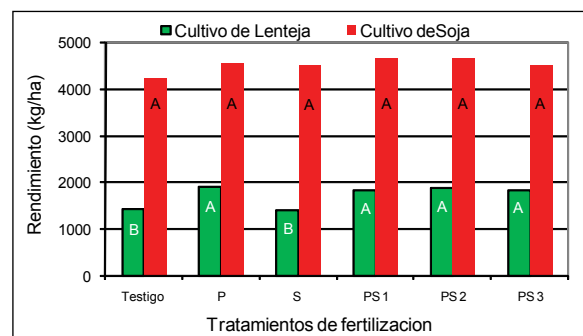


Figura 2. Rendimientos del cultivo de lenteja y soja para los diferentes tratamientos de fertilización implementados, Testigo, P, S, PS1, PS2 y PS3.

la Tabla 2 se muestran los datos del análisis de suelo. El antecesor era soja de 2º sobre arveja y la siembra de lenteja se realizó el 5 de julio, en siembra directa con semilla tratada con Fludioxolin + metalaxil (2.5 + 1%) e inoculada con la cepa específica (*Rizobium leguminosarum*). La densidad de siembra fue de 250 kg de semilla por ha. Las malezas fueron controladas con glifosato en mezcla de tanque con Imazetapyr a dosis de 2 lts + 0.4 lts de P.C./ha. La fertilización se realizó en todos los casos al costado de la línea de siembra con la misma sembradora. La distancia entre hileras fue de 17.5 cm. La cosecha de lenteja se realizó con la máquina del productor colectándose el total de la parcela (1080 m²) el 8 de noviembre de 2006. La soja se sembró el mismo día de la cosecha de la lenteja, en siembra directa en hileras a 52 cm. La variedad fue DM 50048. Se cosechó el 18 de abril de 2007 con máquina experimental. Los datos de rendimiento se corrigieron por humedad y son analizados estadísticamente con Infostat.

Resultados y discusión

Cultivo de Lenteja

La emergencia del cultivo se produjo el día 13 de julio, lográndose un stand promedio de 426 plantas/m², y posteriormente, a las pocas semanas comenzaron a evidenciarse las diferencias entre los tratamientos de fertilización implementados. La Figura 1 muestra que en los tratamientos sin fósforo las plantas presentan un color más claro y un menor porte. Por otro lado, las diferencias en el contenido de N de las diferentes fuentes no constituyeron un aporte a la variabilidad de los tratamientos (Tabla 1 y Fig. 2). En promedio, el rendimiento del ensayo fue de 1702 kg/ha, y en la Figura 2 se muestran los rendimientos de los distintos tratamientos de fertilización y sus diferencias significativas. Los tratamientos sin aporte de P (Testigo y S) presentaron los rendimientos de lenteja más bajos; mientras que los tratamientos que presentaron aplicación de P resultaron en rendimientos superiores, independientemente de la fuente del fertilizante, pero no difirieron entre sí. La respuesta media al P fue de 441 kg/ha, un 31% superior sobre el Testigo. Si bien el método Bray-1 no fue calibrado para lenteja ni arveja, el nivel de P hallado en el lote fue lo suficientemente bajo como para que se produjeran respuestas al agregado de este nutriente mediante fertilizantes inorgánicos. Por otro lado, el S no constituyó una limitación, dado que no se halló respuesta a pesar del bajo tenor de sulfato en el suelo (Tabla 2).

Cultivo de Soja

A diferencia de lo ocurrido con el cultivo de lenteja, no se pudieron observar diferencias ya sea de color o de altura de plantas en las franjas sin aporte de P o S. El rendimiento promedio del ensayo fue de 4511 kg/ha, un rendimiento excelente teniendo en cuenta que fue cosechado luego de un temporal que ocurrió en la zona del ensayo hacia fines de marzo. No se detectaron diferencias significativas entre las diferentes fuentes y tampoco hubo respuesta estadísticamente significativa al aporte de P (Fig. 2). La respuesta a P fue de 233 kg/ha, tomando un promedio de todos los tratamientos con P versus el promedio de los tratamientos Testigo y S. Si se considera el Testigo versus el promedio de los que tenían P y S, esta diferencia a pesar de no ser estadísticamente significativa fue de 387 kg/ha, valores normales de respuesta a P, especialmente en donde el factor agua no es limitante como en este trabajo.

Conclusiones

Cultivo de Lenteja

- Se observó respuesta al fósforo independientemente de la fuente empleada.
- No se presentó respuesta a azufre.

Cultivo de Soja

- No se halló respuesta estadísticamente significativa en el rendimiento del cultivo de soja por la aplicación de S y/o P al cultivo de lenteja.
- La diferencia entre el Testigo y el promedio de los tratamientos que recibieron aplicación de P fue de 387 kg/ha, no siendo significativa la diferencia al 5% de probabilidad.

Agradecimientos

El grupo de trabajo desea agradecer a los Sres. Gastón Tamiozzo y Brunetto Pellegrini por el apoyo incondicional en la realización de este trabajo. ■■■

Tabla 2. Análisis de suelo y características químicas del suelo en estudio.

M. Orgánica (%)	Fósforo Bray-1 (mg P/kg suelo)	pH	Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /kg suelo)	S-Sulfatos (mg S-SO ₄ ²⁻ /kg suelo)	CIC (meq/100g suelo)
2.77	7	5.98	19.0	5.70	14.28

ROTACIONES ALTERNATIVAS DE CULTIVOS EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE LAS GRANDES LLANURAS DE EE.UU.

Merle F. Vigil, Maysoon Mikha, David C. Nielsen, Joe Benjamin y Francisco Calderon
Estación Experimental de las Grandes Llanuras Centrales, Akron, Colorado, EE.UU
merle.vigil@ars.usda.gov

Ensayos de rotaciones a largo plazo en la región semiárida de las Grandes Llanuras de EE.UU. muestran que la intensificación y diversificación de la rotación mejora los resultados agronómicos y económicos e impacta positivamente en la calidad del suelo.

Introducción

La rotación tradicional de producción de cultivos en la región semiárida de las grandes llanuras centrales (RGLC) de los EE.UU. es trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.)- barbecho de verano (T-B) o un cultivo cada dos años. Este sistema no es sustentable en el largo plazo, conduciendo a la degradación del suelo y proveyendo un retorno mínimo sobre la inversión. Recientemente, mediante la utilización de siembra directa y sistemas de cultivos más intensivos hemos observado varias rotaciones alternativas como superiores a la rotación T-B.

Nuestros objetivos fueron evaluar varias rotaciones alternativas por rendimiento económico, cambios en la calidad del suelo, y retornos económicos. Los retornos económicos a la tierra, capital y trabajo de las siete secuencias de rotaciones alternativas (establecidas en 1991) fueron comparadas y se reportaron los efectos de la intensidad de las rotaciones sobre los cambios en la materia orgánica del suelo y en la estabilidad estructural. Específicamente, se evaluó cuanta más presión se podría ejercer sobre el sistema para eliminar el barbecho dentro de la rotación de cultivos.

Los rendimientos de los cultivos fueron determinados en cada una de las rotaciones, a lo largo de 11 años, comenzando 4 años después del establecimiento de las rotaciones (1994-2004). La información de los rendimientos de los cultivos fue utilizada para desarrollar las reglas básicas, teniendo en cuenta los rendimientos promedio de los cultivos en el largo plazo.

Materiales y Métodos

El experimento fue establecido en el año 1990 en la estación experimental de las Grandes Llanuras Centrales en Akron, Colorado. Descripciones detalladas del experimento se pueden encontrar en Anderson et al. (1999) y en Nielsen et al. (2002). Akron se encuentra a 1420 m sobre el nivel del mar (400 09 'N, 1030 09 O). La temperatura media anual es de 9.2 °C, pero el rango varía entre -40°C y 43°C. Las precipitaciones anuales para esta localidad promedian 420 mm, pero varían entre 240 y 670 mm. La mayor cantidad de la precipitación anual (82%) ocurre du-

rante la primavera y el verano. La precipitación de invierno es menor al 18% de la precipitación total. La demanda evaporativa representa de 6 a 8 veces la cantidad de precipitación anual. Estas condiciones climáticas ayudan a explicar cuan seco y difícil es cultivar en la RGLC. Las primeras dos repeticiones del experimento fueron establecidas en un suelo de Weld, franco limoso (Argiustol), y la última repetición se encuentra en el complejo Norca-Colby (Argiustol fino-limoso, mezclado con un Torriortent ustico). El experimento incluyó 16 rotaciones de cultivos fijas, de las cuales solo siete serán analizadas en el presente trabajo. Las siete rotaciones seleccionadas fueron aquellas que a lo largo de los años de análisis han mostrado un rendimiento económico consistente, algunas de las cuales presentan beneficios en el mejoramiento de los suelos. Todas las fases en cada una de las rotaciones aparecen cada año, y todas las secuencias de rotaciones y fases presentaron tres repeticiones. Todos los cultivos fueron implantados bajo siembra directa, excepto por las parcelas de la rotación T-B que también fueron manejadas con labranza convencional (T-B-1c). Las malezas fueron controladas con herbicidas y diferentes prácticas en las parcelas bajo siembra directa y entre cultivos. Esto incluyó aplicaciones previas a la siembra de atrazina para maíz seguidas de aplicaciones al cultivo con 2,4-D y dicamba para brachiaria. Glifosato o paraquat fue utilizado para el control de malezas, antes de la siembra del cultivo o durante los periodos de barbecho. Los cultivos fueron fertilizados utilizando las recomendaciones de las universidades regionales basadas en los análisis de suelos. Los rendimientos en grano y biomasa fueron determinados en cada una de las parcelas experimentales. Para evaluar los efectos de la secuencia de cultivos sobre los rendimientos y resultados económicos, se considero correcto completar un ciclo de cuatro años de rotaciones antes de realizar cualquier comparación entre tratamientos. En este trabajo se evaluó la información recolectada desde 1994 hasta 2004. Todas las comparaciones entre rendimientos de rotaciones son comparadas con la rotación T-B-sd (siembra directa). Las comparaciones de rendimientos fueron realizadas entre las rotaciones: trigo-maíz-mijo-barbecho (T-Ma-Mi-B), trigo-maíz-barbecho (T-Ma-B), trigo-mijo-barbecho (T-Mi-B), trigo-maíz-girasol (*Helianthus annuus*

L.)- barbecho (T-Ma-G-B), trigo-girasol-barbecho (T-G-B), trigo-maíz-mijo (T-Ma-Mi), trigo-mijo (T-Mi), T-B-sd y T-B-lc. Para el análisis económico, fueron evaluadas las siguientes secuencias de cultivos, trigo-maíz-mijo-barbecho (T-Ma-Mi-B), trigo-maíz-barbecho (T-Ma-B), trigo-mijo-barbecho (T-Mi-B), trigo-maíz-mijo (T-Ma-Mi), trigo-mijo (T-Mi), T-B-sd y T-B-lc. Los costos de producción fueron tenidos en cuenta utilizando los precios promedio de commodities de 5 años y 10 años para calcular los retornos netos para los rendimientos promedio en el largo plazo. Todos los cálculos fueron basados en superficies de establecimientos de 65 ha. Se realizaron muestreos periódicos de suelo (0-10 cm) para monitorear los cambios en los parámetros de calidad de suelo, esto incluyó materia orgánica del suelo (MOS), materia orgánica particulada (MOP) y estabilidad de los agregados.

Resultados y Discusión

Los rendimientos del cultivo de trigo fueron significativamente afectados por la secuencia de cultivos en la rotación (Tabla 1). Los cultivos de maíz y mijo (en general) no fueron afectados por la rotación (Tabla 2). Debido a que el cultivo de trigo de invierno es muy dependiente de la cantidad de agua almacenada que se acumula durante los 14 meses del periodo barbecho de verano, se pudo observar una mejora en los rendimientos del cultivo de trigo en rotaciones que presentaron un barbecho de verano. Los cultivos de verano, maíz y mijo presentan un periodo corto de barbecho de invierno (9-10 meses) antes de su implantación. También, los rendimientos de los cultivos de maíz y mijo son más dependientes de las precipitaciones recibidas durante los meses de verano. Estos cultivos son particularmente sensitivos a las precipitaciones recibidas durante el periodo crítico de floración en los meses de Julio y Agosto. Estas diferencias en como el cultivo de trigo de invierno y los cultivos de verano son impactados por el barbecho de verano versus el barbecho de invierno podrían parcialmente explicar la importancia de la rotación sobre el trigo comparado con el maíz y el mijo.

Los mayores rendimientos de trigo fueron determinados en la rotación T-Ma-B y T-Ma-Mi-B. En 1994, hasta 1998 (los primeros 5 de los 11 años presentados), y en 2002 y 2003 las rotaciones T-Ma-Mi-B y T-Ma-B tuvieron un efecto positivo sobre los rendimientos de trigo (relativo a T-B-sd). En 1999, 2000 y 2001 esas mismas rotaciones produjeron una disminución del rendimiento de trigo (Tabla 1). El punto clave es que en la secuencia T-Ma-B y T-Ma-Mi-B, el trigo viene después del barbecho y, por lo tanto, el contenido de humedad del suelo debería ser similar al de la rotación T-B-sd.

Se realizaron evaluaciones de las precipitaciones recibidas durante el periodo de barbecho y la estación

de crecimiento de los cultivos, y no se encontró una relación razonable, o consistente, entre el incremento del rendimiento de trigo en T-Ma-B/T-Ma-Mi-B que pudiere ser explicado por el momento y la cantidad de precipitaciones recibidas. Parece ser posible que las secuencias T-Ma-B/T-Ma-Mi-B pueden almacenar una mayor cantidad de agua, respecto a las otras rotaciones con barbecho, pero porque el efecto ocurre en los primeros 5 años y por un total de 7 de los 11 años, y no en los otros años es un fenómeno poco claro. Un mayor número de análisis de la cantidad de agua almacenada en el momento pre-siembra podrían ayudar a explicar el efecto.

En algunos casos, estas rotaciones parecen incrementar significativamente los rendimientos del cultivo de trigo por encima de los determinados en la secuencia T-B-sd, este efecto ocurre en el 64% de los casos. Otras rotaciones (T-S-B, T-Ma-S-B, T-Mi, T-Ma-Mi) siempre reducen los rendimientos del trigo. En estas 4 rotaciones, el efecto fue observado en investigaciones previas como resultado de una menor agua almacenada en el perfil. El cultivo de girasol es eficiente en extraer agua del suelo a niveles que son menores respecto a otros cultivos, y el cultivo continuo no permite que se produzca la recarga del perfil de suelo.

Para las secuencias T-Ma-B y T-Ma-Mi-B se sospecha que la ventaja de los rendimientos del cultivo de trigo es una suerte de "efecto de la rotación". Quizás, no contar con el cultivo de trigo durante 2 o 3 años (un largo plazo de tiempo sin malezas, insectos y enfermedades del trigo) ayuda al cultivo de trigo para presentar buenos rendimientos en las rotaciones T-Ma-B y T-Ma-Mi-B. Existe evidencia que el cultivo de maíz sirve como un mejor hospedante para la infección de las micorrizas, respecto a otros cultivos que se producen en la misma rotación. Uno podría especular que el cultivo de maíz podría incrementar los niveles de inoculo de micorrizas en el suelo. El incremento del inoculo podría beneficiar el subsecuente cultivo de trigo vía una infección micorrítica más completa. A este punto, no se conoce realmente cual es la causa de una mejora en los rendimientos de trigo en las rotaciones que presentan cultivo de maíz.

Los rendimientos promedio desde 1994 a 2004 fueron utilizados para desarrollar las siguientes "Reglas básicas" en cuanto a los rendimientos de los cultivos:

- Mijo después de Maíz (sin o con barbecho en la rotación) promedio de 1910 kg ha⁻¹.
- Mijo después de Trigo (sin o con barbecho en la rotación) promedio de 2190 kg ha⁻¹.
- Maíz después de Trigo con barbecho en la rotación, promedio de 2950 kg ha⁻¹.
- Maíz en rotación continua, promedio de 2570 kg ha⁻¹.
- Trigo después de barbecho con maíz en la rotación, promedio de 3030 kg ha⁻¹.

- Trigo después de barbecho con mijo, promedio de 2760 kg ha⁻¹.
- Trigo en rotación continua después de mijo, promedio de 1550 kg ha⁻¹.

A partir de estas reglas, se generaron retornos económicos de las informaciones de las rotaciones. Las rotaciones que produjeron el mayor retorno económico a la tierra, el capital y el trabajo fueron T-Mi, T-Mi-B y T-Ma-Mi-B (Tabla 2). Las rotaciones menos favorables fueron T-B-lc, T-B-sd, T-Ma-B y T-Ma-Mi.

Es interesante observar que las rotaciones con cultivo continuo terminaron en ambas categorías, resultado económico favorable y no favorable.

Utilizando la "regla básica" listada más arriba, se desarrolló una rotación teórica de trigo-mijo-maíz-mijo-barbecho (T-Mi-Ma-Mi-B, 4 cultivos en 5 años). Utilizando esta rotación teórica se calculó un retorno neto de u\$s 6670, basado en los precios promedio de los 10 últimos años para superficies agrícolas de 65 has. Los retornos netos fueron de u\$s 10297, basados en los precios promedios de los últimos 5

Tabla 1. Porcentaje de incremento/disminución de los rendimientos de trigo influenciados por la secuencias de rotaciones de cultivos agrícolas (1994-2001), en 9 rotaciones en el USDA-ARS- RGLC, Akron, Colorado relativo a la rotación trigo-barbecho en siembra directa (T-B-sd).

Rotación	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	11 años promedio
T-Ma-Mi-B	+8	+18	+11	+3	+40	-3	-11	-6	+9	+8	-25	+5
T-Ma-B	-6	+19	+3	+13	+24	-3	+2	-7	-3	+8	-15	+4
T-Mi-B	-8	+1	+7	-2	-2	-9	-7	-11	-8	+11	-5	-3
T-Ma-S-B	-6	+28	+2	-15	-37	-12	-54	-28	-4	-6	-25	-21
T-S-B	-21	-6	-37	-23	-40	-45	-29	-32	-27	-5	+18	-22
T-Ma-Mi	-22	-18	-66	-40	-56	-64	-47	-45	-60	-1	-97	-47
T-Mi	-51	-34	-66	-512	-46	-68	-49	-37	-71	-1	-85	-51
T-B-sd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
T-B-lc	-13	-17	-26	-38	-4	-25	-28	-11	-19	-12	-60	-23
P>F	0.008	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.0001



Próximamente disponible

Manual del Cultivo de Soja

Autores:

Héctor Baigorri, Marcelo Carmona, Ignacio A. Ciampitti, Daniel Igarzabal, Fernando O. Garcia, Juan C. Papa y colaboradores

Editores:

Fernando O. Garcia, Ignacio A. Ciampitti, y Héctor Baigorri

Capítulos:

- Como crece y se desarrolla el cultivo
- Manejo del cultivo
- La Nutrición del cultivo
- Identificación y manejo de las malezas
- Identificación y manejo de las enfermedades
- Reconocimiento y manejo práctico de plagas

Para mayor información:

www.ipni.net/lasc



años para maíz, trigo y mijo. Estos valores de retorno económico se encuentran dentro de los u\$s 60 de retorno calculados para la rotación T-Mi. La gran ventaja de la rotación teórica es la gran diversidad comparado con esta última rotación (T-Mi). El riesgo se puede distribuir sobre más cultivos, respecto solo al cultivo de trigo o mijo.

Se determinaron mejoras en el carbono orgánico del suelo, y en la estabilidad estructural en la superficie, primeros 10 cm del suelo. Las mejores rotaciones para mejorar o mantener la calidad del suelo fueron T-Ma-Mi>T-Ma-Mi-B>T-Ma-B>T-B-sd>T-B-lc. La mayor producción de biomasa con la mayor intensidad de cultivo combinada con la siembra directa podría ser la explicación a las mejoras en los parámetros de calidad del suelo. Incrementos estadísticamente significativos en la estabilidad de los agregados, y en la materia orgánica del suelo (MOS) y materia orgánica particulada (MOP) han sido determinados con incrementos en la intensidad de cultivos en las parcelas experimentales. También, se documentaron incrementos estadísticos significativos en la disponibilidad de fósforo (P), zinc (Zn), cobre (Cu) y hierro (Fe) con incrementos en la intensidad de cultivos. Estos incrementos en la disponibilidad de nutrientes están asociados a reducciones en el pH del suelo, que son resultado de las aplicaciones continuas de fertilizante amoniacal en las parcelas manejadas bajo siembra directa.

Conclusiones

El incremento en la intensidad de rotación desde un cultivo en dos años a 2 cultivos en 3 años o 3 cultivos en 4 años mejora los retornos económicos para los productores de la RGLC. No todas las rotaciones que son las mejores para el suelo fueron las mejores en resultados económicos para los productores. El cultivo de trigo responde fuertemente a la cantidad de agua almacenada en el perfil del suelo durante los periodos de barbecho de verano. Los mayores rendimientos de trigo se presentaron en las rotaciones con barbecho de verano. Sin embargo, un periodo de barbecho largo es costoso para manejar y esto reduce el retorno económico en las rotaciones T-B-sd y T-B-lc. Los mayores retornos económicos fueron encontrados con las secuencias de cultivos de T-Mi, T-Mi-B y T-Ma-Mi-B.

Referencias Bibliográficas

- Anderson R.L. Bowman R.A., Nielsen D.C., Vigil M.F., Aiken R.M. y J.G. Benjamin. 1999. Alternative crop rotations for the Central Great Plains J. Prod. Agric. 12:95-99.
- Nielsen D.C., Vigil M.F., Anderson R.L., Bowman R.A. y J.G. Benjamin. 2002. Cropping system influence on planting water content and yield of winter wheat. Agron. J. 94:962-967.

Tabla 2. Rendimientos promedio de 10 años (1994-2004) y retornos netos para maíz, mijo y trigo en siete rotaciones alternativas de cultivos en Akron, Colorado. Los precios de los commodities utilizados para realizar los cálculos son promedio de los últimos 5 años (2003-2008) de: Abril maíz a u\$s 86.86/ton; Enero trigo a u\$s 150.24/ton y Noviembre mijo a u\$s 122.58/ton. Los valores en paréntesis son retornos basados en los precios promedios de 10 años de u\$s 101.25 Enero trigo, u\$s 65.78 Abril maíz y u\$s 95.34 Noviembre mijo (1994-2004).

Rotación	Maíz	Mijo	Trigo	Retorno (U\$S) para 65 ha de superficie agrícola
	----- kg/ha -----			u\$S /campo
T-Ma-Mi-B	3012	1905	2960	9513 (6210)
T-Ma-B	2887		3090	8837 (4960)
T-Mi-B		2186	2757	10303 (6650)
T-Ma-Mi	2573	1906	1547	8173 (5133)
T-Mi		2130	1480	10356 (6840)
T-B-sd			2892	8544 (5540)
T-B-lc			2018	4180 (2650)
P>F	0.54	0.35	0.0001***	

*** P>F Diferencias estadísticas significativas. Valores menores a 0.05 son considerados estadísticamente significativos.

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN EL CULTIVO DE MAÍZ SEGÚN NIVEL HÍDRICO

Hugo M. Pedrol, Julio M. Castellarín, Facundo Ferraguti y Osmar Rosso
Grupo de Trabajo Manejo y Ecofisiología de los Cultivos EEA Oliveros INTA
jmpedrol@correo.inta.gov.ar

En este artículo se presentan las respuestas del cultivo de maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno, para las condiciones de riego y secano, y las eficiencias de uso de agua y nitrógeno bajo dos condiciones que presentan diferencias en su potencialidad de producción, riego y secano. La eficiencia de uso de agua promedio para el cultivo de maíz fue de 15.5 kg de grano por mm de agua consumido, y la respuesta a las distintas dosis de nitrógeno en promedio fue de 21.6 y 31.1 kg de grano por cada kg de N aplicado bajo riego y secano, respectivamente.

Introducción

En las últimas décadas, la selección y adopción de materiales genéticos con mayor potencial de rendimiento y el uso de diferentes tecnologías, han incrementado el rendimiento y la calidad del cultivo de maíz. Sin embargo, la producción de granos de este cultivo está principalmente limitada por el uso de fertilizantes nitrogenados y la disponibilidad de agua en el suelo (Maddonni, 2003). Por lo tanto, es importante destacar que la tecnología empleada en esta agricultura moderna de alta producción, incrementa continuamente los rendimientos de los cultivos y con ello la tasa de extracción de nutrientes del suelo. Las estimaciones actuales indican que casi todo el maíz recibe fertilización, pero que las dosis de fertilizante utilizadas serían del 75% de las consideradas necesarias para cubrir las extracciones de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) (García, 2006).

En la región pampeana, en varias localidades bajo una secuencia trigo/soja – maíz – soja durante seis años, el incremento de rendimiento en el cultivo de maíz por el agregado de N varió entre el 7 – 45% (Dibb et al., 2004).

Salvagiotti et al. (2003), en el sur de Santa Fe, encontraron que la respuesta a N por parte del cultivo de maíz fue generalizada y altamente relacionada con la disponibilidad de dicho nutriente, con una gran variación principalmente asociada a la historia agrícola de los sistemas de producción y al nivel de degradación físico – química, independientemente de la fuente de fertilización empleada. Esto concuerda con lo informado por Capurro et al. (2002 y 2007) y Prieto et al. (2007).

Martínez et al. (2006), en el centro sur de Santa Fe, al analizar la combinación de híbridos por dosis de N y capacidad de uso del suelo, encontraron que no hubo interacción híbrido por nivel de N aplicado, pero los mayores incrementos en los rendimientos por el agregado de N se obtuvieron en los suelos con menores limitaciones (mayor capacidad productiva).

Todo esto respalda la generalización de que al menos

una importante proporción del rendimiento del cultivo es atribuible al agregado de nutrientes mediante la aplicación de fertilizantes.

Con respecto a los requerimientos hídricos del cultivo de maíz, con adecuado manejo (densidades, fertilización, fechas de siembra) es factible alcanzar eficiencias en la producción de materia seca aérea desde 20 kg mm⁻¹ en suelos degradados, hasta 40 kg mm⁻¹ en ambientes de alta productividad (Pedrol et al., 2004).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la respuesta en producción de grano del cultivo de maíz al agregado de distintas dosis de N bajo dos condiciones hídricas (riego y secano), y calcular para cada uno de estos ambientes, con diferente potencialidad, las eficiencias de uso de agua y de N.

Materiales y Métodos

Para evaluar la respuesta a dosis crecientes de N bajo dos condiciones hídricas se realizaron dos ensayos, uno bajo riego (por goteo) y otro de secano en el campo experimental de la EEA Oliveros, durante la campaña 2007/2008.

El suelo fue un Argiudol típico serie Maciel de mediana a baja fertilidad (Tabla 1) con más de 25 años de agricultura continua y 15 años en siembra directa con soja de primera como cultivo antecesor. Ambos ensayos (riego y secano) se sembraron en siembra directa el 17/10/07, el híbrido evaluado fue el DK 747 MG y la densidad de siembra fue de 71.500 plantas ha⁻¹. Luego de la siembra se realizó la aplicación de una mezcla de herbicidas para el control de malezas, con los siguientes productos y dosis: glifosato 48% 2 l ha⁻¹ + atrazina 50% 4 l ha⁻¹ + S – metolaclor 96% 1 l ha⁻¹.

Los tratamientos de fertilización con N fueron:

1) Sin N N0 (Testigo); 2) 60 kg ha⁻¹ de N; 3) 120 kg ha⁻¹ de N; 4) 180 kg ha⁻¹ de N y 5) 240 kg ha⁻¹ de N.

La aplicación del fertilizante se realizó al voleo en V₄; la fuente nitrogenada fue urea. En los dos ensayos

se fertilizó con P y S de modo que estos nutrientes fueran no limitantes.

El diseño en ambos ensayos fue en Bloques Completos Aleatorizados (BCA) con 4 repeticiones y el tamaño de la unidad experimental fue de 10 m de largo x 5 surcos separados a 0,70 m. La cosecha se realizó el 28/3/08 en forma manual, cosechándose los dos surcos centrales.

Se realizó el análisis de la varianza del rendimiento en granos (ajustado al 14% de humedad) y de sus componentes (peso de los granos, número de granos por metro cuadrado, espigas por planta y peso por espiga).

Análisis químico del suelo

Las propiedades químicas del suelo en diferentes profundidades se presentan en la Tabla 1.

Condiciones climáticas

Con la información climática suministrada por la Estación Agrometeorológica de la EEA Oliveros INTA, se calcularon las medias decadales de las temperaturas mínimas y máximas, y las precipitaciones de septiembre 2007 a marzo de 2008 (Fig. 1).

Las fechas de los diferentes estadios fenológicos del cultivo fueron:

V_6 : 28/11; V_9 : 11/12; V_{12} : 21/12; Panojado: 2/01/08; R_1 : 7/01/08.

Se comenzó a regar a partir de la segunda década de diciembre y el total de agua agregada con el riego hasta la primera década de febrero fue de 166 mm, lo que comprendió el estadio de máximas necesidades hídricas diarias

del cultivo (V_9 hasta R_4), que de aquí en adelante van decreciendo hasta la madurez fisiológica.

Resultados y Discusión

Nivel hídrico (riego y seco)

Hubo diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento promedio y sus componentes según nivel hídrico (Tabla 2), no encontrándose interacción nivel hídrico x dosis de nitrógeno en ninguna de las variables analizadas. Lo que indica que los diferentes niveles de N afectaron el rendimiento y sus componentes de manera similar bajo riego y en seco.

El riego incrementó significativamente el rendimiento final en granos, en un 28.5% y sus componentes numéricos (Tabla 2). De estos últimos, los que más aumentaron por el riego fueron el peso de mil granos y la producción por espiga, que superaron en un 41.7% y 23.6% al valor obtenido en seco, respectivamente. Estas diferencias estarían explicadas porque en seco hubo una mayor senescencia foliar, menor

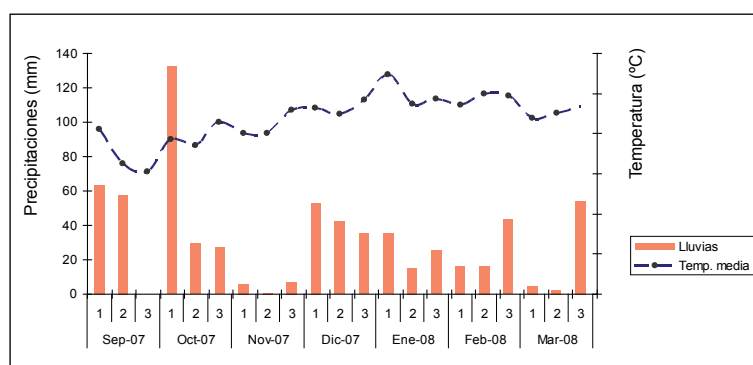


Figura 1. Precipitaciones (mm) y temperatura media (°C) decadales desde Septiembre de 2007 a Marzo de 2008. EEA Oliveros.

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo del ensayo según profundidad de muestreo. Análisis realizado antes de la siembra del maíz. (*)

Profundidad de muestreo (cm)	NO_3^- (mg kg^{-1})	$\text{N} - \text{NO}_3^-$ (mg kg^{-1})	P Bray 1 (mg kg^{-1})	M.O. (%)	pH (1:2,5)	$\text{SO}_4^{=}$ (1) (mg kg^{-1})	$\text{S-SO}_4^{=}$ (mg kg^{-1})
0 - 20	51.3	11.6	11.2	2.5	5.82	3.5	1.2
20 - 40	23.3	5.3	6.7		5.96	2.4	0.8
40 - 60	8.5	2.1	5.9		6.3	1.4	0.4

(*) Análisis realizado por el laboratorio de suelos y agua de la EEA Oliveros.

(1) Extracción realizada con Fosfato de Calcio y valoración por el método de turbidimetría con Cloruro de Bario

Tabla 2. Rendimiento y sus componentes, promedio de las diferentes dosis de N, según nivel hídrico y su significancia estadística.

Rendimiento y componentes	Secano	Riego	Diferencia
Rendimiento (kg ha^{-1})	8.422 a	10.955 b	2.533
Peso de 1000 granos (g)	192.2 a	273.1 b	80.1
Granos por m^2	3.977 a	4.408 b	431
Espigas por planta	1.00 a	1.02 b	0.02
Producción por espiga (g)	119.3 a	147.5 b	28.2

Letras distintas indican diferencias significativas según Test de Duncan al 0.05.

cantidad de órganos fotosintéticamente activos, lo que generó una reducción en la disponibilidad de asimilados por grano.

Además se acrecentó el efecto del riego debido a que durante el período comprendido entre V_6 y V_9 , el cultivo sufrió un importante déficit hídrico (Fig. 1). Vale agregar que el peso hectolítrico también mejoró con el riego y su diferencia fue estadísticamente significativa (datos no presentados).

La eficiencia en el uso del agua (EUA) para el rendimiento promedio en grano de las diferentes dosis de N, tanto en secano (lluvias) como en riego (lluvias + riego) fue la misma ($15.5 \text{ kg de grano mm}^{-1}$). Esta EUA similar entre riego y secano es coincidente con lo obtenido por Karam et al. (2003) y Rivetti (2005), si bien el valor promedio de EUA logrado por estos autores fue muy superior ($27 \text{ kg de grano mm}^{-1}$).

Probablemente esta menor EUA obtenida se deba al aumento de la temperatura (principalmente de la máxima) desde la tercera década de diciembre hasta la segunda década de enero, que coincidió con la fecha de panojado y R_1 del cultivo.

Cuando se analizaron las EUA para cada dosis de N

y entre ambos niveles hídricos se observó que estas fueron similares.

Dentro de cada situación hídrica las EUA presentaron diferencias (estadísticamente significativas) entre dosis de N, en secano las mayores eficiencias se obtuvieron con las dosis de 120, 180 y 240 kg ha^{-1} de N; en cambio bajo riego se lograron con las dosis de 180 y 240 kg ha^{-1} de N (Tabla 3).

Este tipo de respuestas son esperables ya que con una mayor disponibilidad de agua se impacta de manera positiva tanto en la tasa de crecimiento del cultivo, y en la disponibilidad de nutrientes, producción de nitratos por mineralización, y posterior mejora en la absorción de nutrientes por el cultivo.

Dosis de N

Como se mencionó anteriormente, al no detectarse la interacción entre nivel hídrico por dosis de N se analizaron los tratamientos de fertilización para ambos niveles hídricos en conjunto. Los resultados y su significancia estadística se presentan en la Tabla 4. Los mayores rendimientos se obtuvieron con las dosis

Tabla 3. Rendimiento en grano y eficiencia en el uso del agua (EUA) para cada tratamiento de nitrógeno según nivel hídrico. Significancia estadística de EUA dentro de cada nivel hídrico.

Dosis de N (kg ha^{-1})	Rendimiento (kg ha^{-1})		EUA ($\text{kg de grano mm}^{-1}$)	
	Secano	Riego	Secano	Riego
0 (Testigo)	5164	8425	9.5 c	11.9 d
60	7988	9668	14.7 b	13.7 c
120	9093	11288	16.8 ab	15.9 b
180	9611	12707	17.7 a	18.0 a
240	10035	12689	18.5 a	17.9 a

Tabla 4. Promedio del rendimiento y sus componentes entre ambos niveles hídricos, según dosis de N y su significancia estadística.

Dosis de N (kg ha^{-1})	Rendimiento (kg ha^{-1})	Peso de 1000 granos (g)	Granos por m^2	Espigas por planta (g)	Producción por espiga (g)
0 (Testigo)	6805 d	224 b	3004 c	0.99 b	97.8 d
60	8828 c	228.6 a b	3914 b	1.01 a	122.6 c
120	10190 b	236.3 a	4383 a b	1.00 a	142.3 a b
180	11190 a	237.5 a	4810 a	1.02 a	152.6 a
240	11310 a	238.5 a	4866 a	1.02 a	151.9 a

Tabla 5. Tasa de Respuesta (TR) y Eficiencia Marginal (Ef. M) para cada dosis de N y nivel hídrico. Significancia estadística de TR dentro de cada nivel hídrico.

Dosis de N (kg ha^{-1})	Secano		Riego	
	(TR)	(Ef. M)	(TR)	(Ef. M)
	$\text{kg grano kg}^{-1} \text{ N}$	$\text{kg grano kg}^{-1} \text{ N adicional}$	$\text{kg grano kg}^{-1} \text{ N}$	$\text{kg grano kg}^{-1} \text{ N adicional}$
60	47.1 a		20.7 b	
120	32.6 b	18.4	23.9 a	27.0
180	24.6 c	8.6	23.8 a	23.6
240	20.2 c	7.1	17.8 b	-0.30

Letras distintas indican diferencias significativas según Test de Duncan al 0.05.

de 180 y 240 kg ha⁻¹ de N (diferencia estadísticamente no significativa), que superaron en promedio al testigo en un 65%. Todos los componentes de rendimiento evaluados se incrementaron con el agregado de N (Tabla 4).

La dosis de N crítica, por encima de la cual no se lograron respuestas significativas, alcanzada en estos ensayos fue de 180 kg ha⁻¹, similar a las reportadas por Salvagiotti et al. (2002) y Maddonni et al. (2003).

La tasa de respuesta (TR), expresada como kg de grano por kg de N aplicado, y la eficiencia marginal (Ef. M), expresada como kg de grano producido por kg de N adicional aplicado respecto a la dosis previa, para cada dosis de N fue diferente según nivel hídrico, destacándose bajo riego una Ef. M negativa con la dosis de 240 kg ha⁻¹ de N (Tabla 5). Estos valores son concordantes con los encontrados por Salvagiotti et al. (2003) en los distintos ambientes del sur de Santa Fe, cuando estos presentaron potencialidades heterogéneas.

Conclusiones

El riego incrementó el rendimiento en grano y sus componentes en forma significativa, destacándose en estos últimos el peso de los granos y la producción por espiga.

Las diferentes dosis de N evaluadas generaron, tanto bajo riego como en secano, aumentos de rendimiento similares, pero la mayor eficiencia en el uso del agua y tasa de respuesta se lograron con dosis distintas según nivel hídrico.

No se obtuvieron incrementos significativos, en ambos niveles hídricos, cuando se superó la dosis de 180 kg ha⁻¹ de N. Sin embargo, en secano las tasas de respuesta y las eficiencias marginales, hasta este nivel de nitrógeno, fueron netamente superiores respecto a riego.

El cultivo de maíz, bajo estas condiciones ambientales, produjo en promedio 15.5 kg de grano por cada milímetro de agua consumida y la tasa de respuesta a las distintas dosis de nitrógeno en promedio fue de 21.6 y 31.1 kg de grano por cada kg de N aplicado bajo riego y secano, respectivamente, con diferencias (estadísticamente significativas) entre niveles de nitrógeno para EUA y TR.

Referencias Bibliográficas

- Capurro J., Fiorito C., González M.C. y R. Pagani.** 2002. Fertilización del cultivo de maíz en Cañada de Gómez. Campaña 2001/02. En: Para Mejorar la Producción N° 20. EEA Oliveros INTA. 81 – 84 pp.
- Capurro J., Casasola E., Zazzarini A., Andriani J. y M.C. González.** 2007. Fertilización de maíz. En: Para Mejorar la Producción N° 35. EEA Oliveros INTA. 50 – 53 pp.
- Dibb D.W., Roberts T.L. y W.M. Stewart.** 2004. Los fertilizantes y la agricultura mundial. En: Revista Técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. Diciembre/2004. 17 – 29 pp.
- García F.O.** 2006. La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos. En: Informaciones Agronómicas 29: 13 – 16.
- Karam F., Breidy J., Stephan C. y J. Roupheal.** 2003. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekaa Valley of Lebanon. *Agricultural Water Management*. 63: 125 – 137.
- Maddonni G., Ruiz R., Vilariño P. e I. García de Salamone.** 2003. Fertilización en los cultivos de grano. En: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Cap. 19. 783 pp.
- Martínez F., Cordone G. y D. Buschittari.** 2006. Alternativas de manejo según la capacidad productiva del suelo. Combinación del híbrido y la dosis de N. En: Para Mejorar la Producción N° 32. EEA Oliveros INTA. 103 – 105 pp.
- Pedrol H., Castellarín J. y F. Salvagiotti.** 2004. El maíz en el centro sur de Santa Fe. En: Para Mejorar la Producción N° 26. EEA Oliveros INTA. 8 – 15 pp.
- Prieto G. y M. Antonelli.** 2007. Ensayo de fuentes nitrógenadas líquidas y granuladas en maíz. En: Para Mejorar la Producción N° 35. EEA Oliveros INTA. 48 – 49 pp.
- Rivetti A.R.** 2005. Efecto del riego complementario sobre el rendimiento en grano de maíz y sus componentes. En: Actas VIII Congreso Nacional de Maíz. Págs. 36 – 39.
- Salvagiotti F., Pedrol H., Castellarín J., Capurro J., Felizia J., Gargicevich A., Gentile O., Méndez J. y N. Trentino.** 2002. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíz. I Relación entre la respuesta en rendimiento y la disponibilidad de N a la siembra. En: Para Mejorar la Producción N° 20. EEA Oliveros INTA. 67 – 70 pp.
- Salvagiotti F., Pedrol H.M., Castellarín J.M., Cordone G., Capurro J., Martínez F., Méndez J., Felizia J.C., Trentino N. y D. Damen.** 2003. Modelos de respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz. En: Para Mejorar la Producción N° 23. EEA Oliveros INTA. 83 – 86 pp.

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

WWW.IPNI.NET/LASC

FERTILIZACIÓN DE PASTURAS: RESPUESTA Y RELACIÓN DE PRECIOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CARNE Y LECHE

Alejandro Morón
INIA La Estanzuela, Uruguay
moron@inia.org.uy

Presentado a la Jornada de Producción Animal de INIA La Estanzuela. Colonia, Uruguay, 14 Mayo de 2008.

Las relaciones de precios fertilizantes/productos, sea en la producción de carne o leche, han variado fuertemente en los últimos años y aun durante el año 2008. Este trabajo propone una metodología para la evaluación de las eficiencias económicas de uso de N y P en sistemas de producción de carne y leche, y describe la evolución de las mismas para los últimos años en Uruguay.

Introducción

En el mundo estamos asistiendo a cambios económicos importantes y, en especial, en el sector agroalimentario en donde se están produciendo variaciones drásticas y sin precedentes en precios de insumos y productos agropecuarios. La estabilidad o permanencia de los cambios parece difícil de predecir, pero lo cierto es que estos cambios y la alteración de las relaciones de precios tienen profundos efectos en las orientaciones productivas y las tecnologías que se utilizan. En este contexto trataremos de analizar cómo se está afectando el uso del insumo fertilizante en los sistemas de producción de carne y leche en el Uruguay.

Las pasturas constituyen un factor fundamental en la competitividad de la producción ganadera y lechera del Uruguay. Las pasturas, naturales y mejoradas, pastoreadas directamente por los animales fueron y continúan siendo el alimento notoriamente más económico y parece muy difícil que esto cambie. Por tanto, toda tecnología que contribuya a maximizar su productividad, manteniendo la categoría de "alimento más económico", es una contribución al desarrollo de estos sectores. La productividad de las pasturas mejoradas depende de una gran cantidad de factores siendo la fertilidad de los suelos uno de los factores fundamentales. Todos los suelos del Uruguay son naturalmente pobres en fósforo (P) lo cual determina que cualquier mejoramiento de pasturas pase ineludiblemente por la utilización de fertilizantes fosfatados. El fertilizante fosfatado es el insumo central para las pasturas mejoradas en la medida que constituye actualmente entre el 60% y el 75% del costo total de producción de una pastura con una duración de 3 años. Cabe acotar que Uruguay no posee yacimientos de P, por lo cual debe importar todo el P necesario para los requerimientos de los cultivos.

La utilización correcta de los fertilizantes fosfatados afecta en forma positiva diversos parámetros de las pasturas mejoradas y, en especial, de las legumino-

sas: cantidad de materia seca producida, contenido de P y nitrógeno (N), mantenimiento de una fuerte presencia de las leguminosas en las pasturas que incluyen gramíneas y aumentan la fijación biológica de N. En términos generales, proveniente de diversos trabajos experimentales, puede sostenerse que es posible y realista obtener en el periodo de vida de la pastura una eficiencia en el uso del fertilizante P de 50 kg de materia seca por kg P_2O_5 aplicado tanto en la fertilización inicial como en las refertilizaciones anuales.

Eficiencia física de las fuentes de P

Dentro de los fertilizantes fosfatados existen dos grandes categorías:

- fertilizantes fosfatados con un alto porcentaje de P en forma soluble al agua, dentro de lo cual se ubican el superfosfato triple (0-46/47-0) y el superfosfato simple o común (0-20/22-0). Los superfosfatos son producidos en forma industrial por vía de tratar con ácido la roca fosfórica; y
- fosforitas naturales provenientes de yacimientos de origen sedimentario, que tienen un porcentaje del P soluble en ácido cítrico y que no reciben ningún tratamiento químico industrial.

La selección del tipo de fertilizante fosfatado a utilizar es altamente relevante por dos razones:

- En la actualidad el kg de P proveniente de fertilizantes solubles al agua tiene un costo entre 80 y 95% superior al kg de P proveniente de fosforita natural.
- La eficiencia relativa entre ambos tipos de fertilizantes es variable según el tipo de suelo considerado, existiendo suelos donde la respuesta física de las pasturas al agregado de P proveniente de fosforita natural tiene resultados superiores a los superfosfatos.

Existen varios factores que afectan la eficiencia de las fosforitas naturales para una aplicación directa:

- a) Inherentes a la reactividad de roca fosfórica considerada. Existen fosforitas de diversos orígenes, siendo las de uso directo agronómico las provenientes de yacimientos sedimentarios, con altos niveles de sustituciones isomórficas de fosfatos por carbonatos y con tamaño de partículas finas. Históricamente las fosforitas utilizadas en Uruguay han sido de alta calidad agronómica. La fosforita de mayor comercialización en Uruguay fue de origen Gafsa (Túnez) y se presentó con la fórmula: 0-10/28-0.
- b) Las condiciones de acidez del suelo son una condición importante para la transformación del P hacia formas químicas solubles y utilizables por las plantas. Esto puede resumirse en la siguiente ecuación:

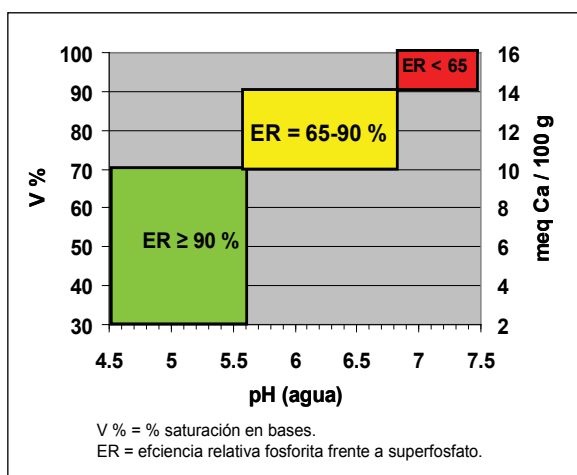


Figura 1. Aproximación a las condiciones del suelo que determinan la eficiencia relativa del uso de fosforita. Fuente: Moron, 2002.

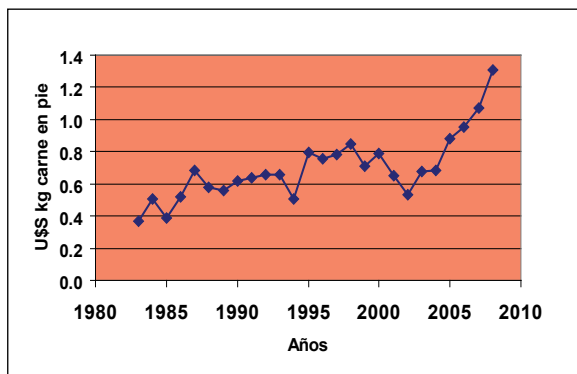


Figura 3. Precio del kilogramo de carne en pie de novillo gordo de Uruguay. Fuente: DIEA.

Es clara la importancia de la acidez del suelo. Por otra parte, todos los factores que contribuyan a disminuir la concentración de calcio (Ca) y P en la solución del suelo y que se presentan a la derecha de la fórmula ayudaran al proceso de solubilización y utilización por las plantas. Mayores detalles sobre los factores que afectan la eficiencia en el uso de las fosforitas pueden obtenerse en FAO (2007), Hammond et al. (1986) y Khasawneh & Doll (1978). En la Figura 1 se presenta una aproximación (Morón, 2002), en base a resultados nacionales, sobre las condiciones de eficiencia de la fosforita según características del suelo.

- c) el metabolismo de las raíces de las plantas mediante la secreción de H⁺, absorción de Ca y P y de ácidos orgánicos quelatantes son factores que contribuyen a aumentar la eficiencia de la utilización de la fosforita natural. Las leguminosas son las plantas que mas desarrollan este tipo de mecanismos.

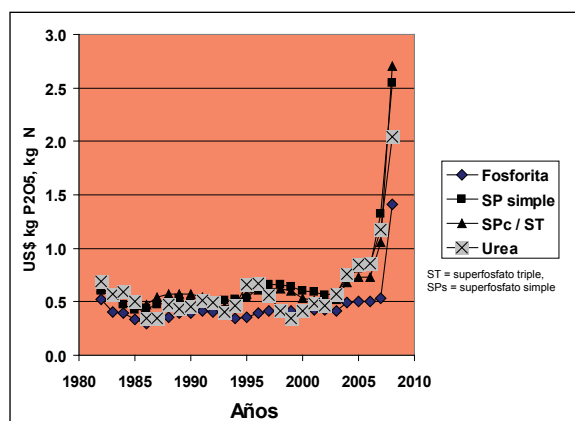


Figura 2. Precio de los fertilizantes en Uruguay. Fuente: DIEA para serie 1982-2006 con promedios anuales. Boletín de precios ISUSA para 26/03/07 y 30/05/08. SPc= Superfosfato concentrado, ST= superfosfato triple, SPs= superfosfato simple.

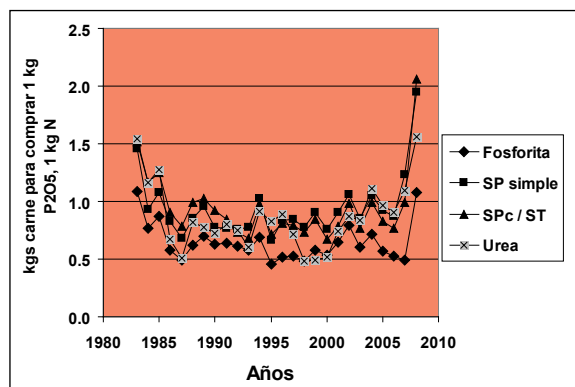


Figura 4. Kilogramos de carne en pie de novillo gordo necesarios para comprar 1 kilogramo de fertilizante.

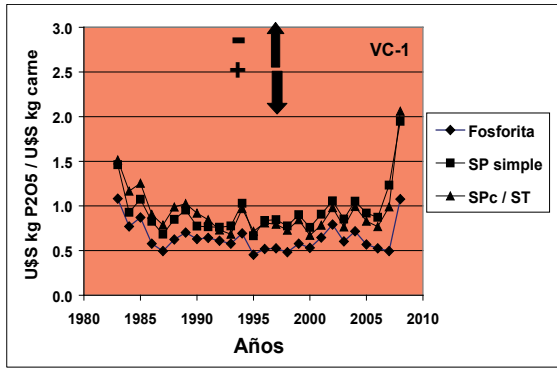


Figura 5. Valor crítico o valor de indiferencia y relación de precios fosforo / carne.

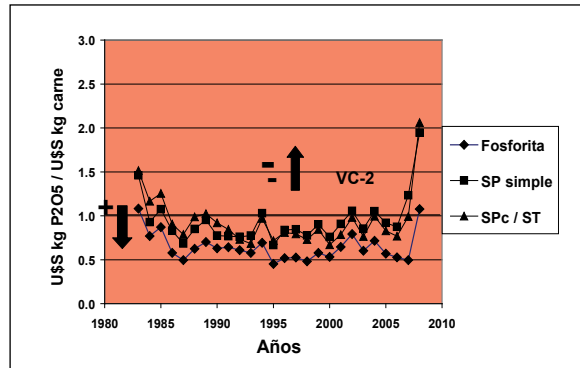


Figura 6. Valor crítico o valor de indiferencia y relación de precios fosforo / carne.

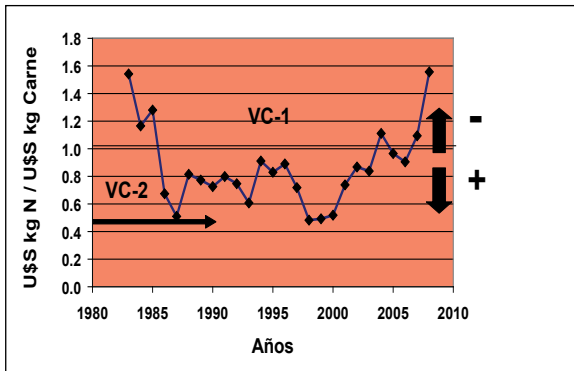


Figura 7. Valor crítico o valor de indiferencia y relación de precios nitrógeno / carne.

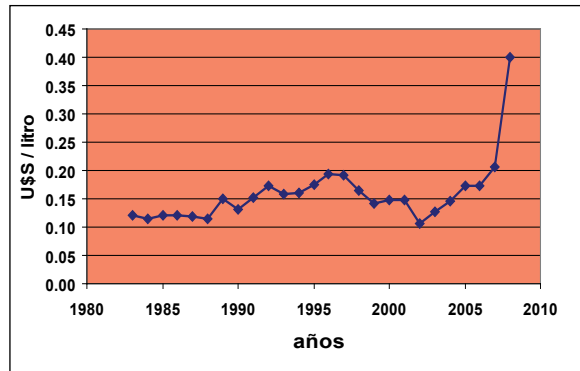


Figura 8. Precio promedio por litro de leche en Uruguay. Fuente: DIEA.

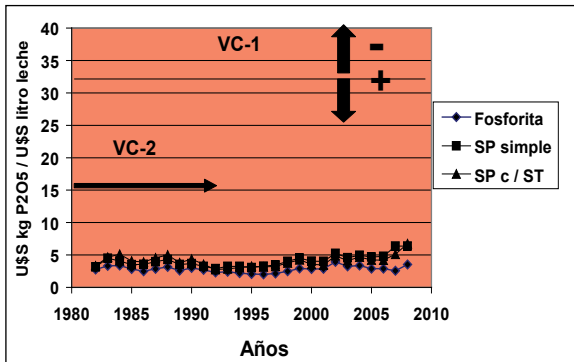


Figura 9. Valor crítico o valor de indiferencia y relación de precios fósforo / leche.

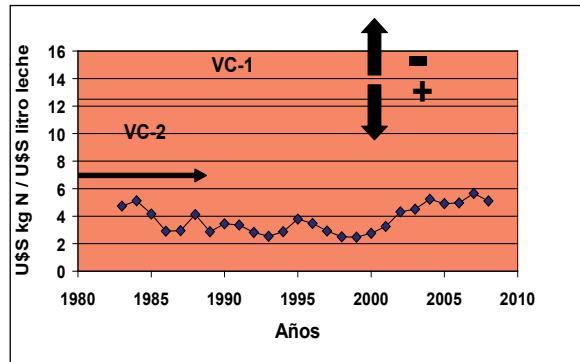


Figura 10. Valor crítico o valor de indiferencia y relación de precios nitrógeno / leche.



- d) las condiciones ambientales y, especialmente, las precipitaciones son mencionadas como un factor importante. Regiones con precipitaciones mayores a 800 mm por año se consideran favorables para la utilización de fosforitas.

Eficiencia económica de los fertilizantes fosfatados y nitrogenados

En la Figura 2 se observa la evolución de los precios de los fertilizantes durante un período de 26 años. Es impactante el aumento de precios durante 2007 y principios de 2008. Comparando los valores del primer semestre de 2008 con el promedio del valor registrado en el período 1982-2002, la Fosforita subió un 362%, el Superfosfato simple 472%, la serie Superfosfato Concentrado-Superfosfato Triple un 490% y la Urea un 416%. También se constata un incremento importante en los precios de la carne bovina (Fig. 3). En la Figura 4 se presenta la evolución de la relación de precios P / carne y N / carne. Es claro, que en el último año se acentuó marcadamente la tendencia desfavorable a la producción, siendo necesarios producir más kilogramos de carne para comprar un kilogramo de P o N.

Para interpretar adecuadamente el impacto de los cambios en la relación de precios P/carne es necesario conocer la relación física P /carne en el proceso productivo. Esto es posible definirlo conociendo:

- la respuesta física de la pastura al agregado de fertilizante fosfatado, definido como kg materia seca / kg de P_2O_5 el cual se denominara como R
- la utilización por parte de los animales en pastoreo del incremento de producción de forraje producido por la fertilización, definido como un indicador que varia entre 0 y 1 y será abreviado como U,
- la eficiencia de la conversión de la pastura ingerida por el animal en carne, definido como kg de materia seca ingerido necesarios para producir un incremento de un kilogramo de peso vivo abreviado como E.

La intensificación productiva por vía de incrementar el uso de fertilizantes fosfatados tiene un valor de relación de precios P/carne de indiferencia o valor crítico (VC), para el sistema de producción considerado, donde el costo de la unidad de P agregado es igual al precio de los kilogramos de carne generados. Esto puede ser resumido en la siguiente formula:

$$VC = R \times U / E$$

Producción de carne

Si se define un sistema producción de carne que utiliza correctamente la tecnología disponible es posible asumir $R = 50$, $U = 0.7$ y $E = 14$ lo cual nos determina un VC-1 para el sistema de producción de 2.5 para la relación U\$S kg P_2O_5 / U\$S kg carne. Por tanto, siempre que la relación de precios del mercado se ubique por encima de ese valor la intensificación productiva vía fertilizante fosfatado determinara ingresos negativos; mientras que en la inversa, cuando la relación de mercado disminuya por debajo de 2.5 generara ingresos positivos y serán mas positivos cuando mas se alejen del valor mencionado. La Figura 5 ejemplifica esto para la serie histórica de precios 1982-2008. Considerando los precios del primer semestre de 2008, parece claro que para los sistemas de producción de carne que utilizan superfosfato, está muy próxima de no ser rentable la utilización de estos fertilizantes. Para el caso de la utilización de Fosforita, si bien la relación de precios en el mercado ha presentado últimamente una tendencia negativa para la producción, este fertilizante se encuentra en una situación notoriamente más favorable que los superfosfatos. Los valores asumidos para R, U y E pueden ser discutidos o cuestionados y con razón. Si se asume un sistema de producción de carne que no utilice la tecnología disponible en forma tan adecuada, como en el ejemplo anterior, y los valores sean $R = 40$, $U = 0.6$ y $E = 20$ nos determina un VC-2 = 1.2. En este caso, la situación para la utilización de los superfosfatos se torna claramente negativa y para la Fosforita esta próxima de una situación de desestimar su utilización (Fig. 6).

Para la producción de carne en base a gramíneas con N puede realizarse un ejercicio similar. Considerando un sistema de producción con tecnología adecuada y, por tanto, asumiendo $R = 20$, $U = 0.7$ y $E = 14$ nos determina un VC-1 = 1.0. En la Figura 7 se contrasta este valor de VC-1 = 1.0 con la relación de precios de mercado en la serie 1982-2008 indicando que si bien en un periodo importante determina ingresos positivos, para las relaciones recientes los ingresos obtenidos por la aplicación de N en gramíneas para la producción de carne serian negativos. De igual forma que en el ejemplo anterior, si pensamos en un sistema tecnológicamente inferior con $R = 15$, $U = 0.6$ y $E = 20$ lo cual determina un VC-2 = 0.45, esto determina ingresos negativos para todos los años de la serie 1982-2008 con diferente intensidad y claramente negativos en la actualidad (Fig. 7).

Producción de leche

Al igual que la carne, la leche ha presentado un incremento de precio y especialmente en el último periodo (Fig. 8). Para la producción lechera y con el mismo razonamiento, para un sistema de producción que utiliza la tecnología disponible en forma correcta, se puede asumir $R = 50$, $U = 0.7$ y $E = 1$. Para esta situación "E" es definido como los kg de materia seca de pastura ingeridos necesarios para producir 1 litro de leche. Estos coeficientes nos determinan un $VC-1 = 35$. Cuando contrastamos este valor con los valores de mercado de la serie 1982-2008 son contundentes los ingresos positivos que generan la aplicación de todos los fertilizantes fosfatos durante todos los años de la serie considerada (Fig. 9). Por otra parte, si se considera un sistema de producción lechera tecnológicamente inferior con $R = 40$, $U = 0.6$ y $E = 1.3$, obtendremos un $VC-2 = 18.5$. No obstante, en la Figura 9 puede observarse que la utilización de todos los fertilizantes fosfatados continua generando ingresos positivos durante todos los años de la serie.

También puede considerarse un sistema de producción de leche en base a gramíneas con N, tecnológicamente desarrollado con $R = 20$, $U = 0.7$ y $E = 1$ lo cual genera un $VC-1 = 14$ (Fig. 10). La comparación con los valores de mercado para la serie 1982-2008 presenta ingresos positivos para todos los años de la serie, pero obsérvese que no tiene la contundencia que observamos anteriormente para el caso del P en producción lechera (Fig. 9). Cuando se considera una sistema tecnológico inferior con $R = 15$, $U = 0.6$ y $E = 1.3$ determina un $VC-2 = 6.9$ y el uso de N continua generando ingresos positivos pero con magnitudes más estrechas (Fig. 10).

Comentarios finales

En términos generales y considerando la situación del primer semestre de 2008, puede decirse que para los sistemas de producción de carne la eficiencia económica de los fertilizantes fosfatados de tipo superfosfatos y nitrogenados está afectada. Para sistemas de producción de carne que utilizan correctamente la tecnología disponible, las fosforitas continúan generando en la actualidad ingresos positivos. Para los sistemas de producción de leche, la utilización de los fertilizantes fosfatados es clara y contundentemente positiva, mientras que para el uso de N si bien la situación es positiva, los márgenes son menores que los registrados para el P.

Los cambios de precios de los últimos meses han modificado nuevamente las relaciones discutidas en este escrito, por lo que se sugiere utilizar la metodología

descrita para evaluar las eficiencias económicas según las condiciones de precios de cada situación en particular. Por ejemplo, para los precios vigentes a fines de 2008, la relación de precios sería de 1.7 kg de carne por kg de P_2O_5 y 1.4 kg de carne por kg de N.

Por último, debe mencionarse que el análisis económico realizado no está considerando la residualidad del P aplicado que existe en el suelo después de finalizado el periodo de pasturas y del N ingresado vía fijación biológica por parte de las leguminosas que también tiene un efecto residual. Su inclusión mejoraría la consideración económica del uso de los fertilizantes fosfatados y nitrogenados.

Referencias bibliográficas

- DIEA.** Estadísticas Agropecuarias. Pagina web: www.mgap.gub.uy/Diea. Consultado 2007.
- FAO.** 2007. Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. Boletín FAO Fertilizantes y Nutrición Vegetal 13. Zapata, E., Roy, R.N., editores. 155 p
- Hammond L.L., Chien S.H. y A.U. Mokwunye.** 1986. Agronomic value of unacidulated and partially acidulated phosphate rock indigenous to the tropics. In: Advances in Agronomy, V40: 89-140.
- Khasawneh F.E. y E.C. Doll.** 1978. The use phosphate rock for direct application to soils. In: Advances in Agronomy, V 30: 159-206.
- Morón, A.** 2002. Posibles usos de fosforitas para mejoramientos de pasturas en zonas ganaderas tradicionales en Uruguay. In: Serie Técnica 129 INIA Tacuarembó. p 97-113.

Nuevo

Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina



EdiUNS, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Departamento de Agronomía de la UNS y Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS, CONICET-UNS)

Editor: Juan Alberto Galantini.

Compiladores: Liliana Suñer, María Rosa Landriscini y Julio Osvaldo Iglesias.

Precio: Socios AACs al día: \$40 más gastos de envío. Otros: \$60 más gastos de envío.

Información: www.suelos.org.ar



AACS
ASOCIACION ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

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 \$ arg.
Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Este libro, editado por INTA (Argentina) con la colaboración de IPNI, contiene los principios y conceptos fundamentales de la fertilidad de suelos y del manejo de fertilización para numerosos cultivos.	20	60
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).	3.5	10
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.	15	40
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

PUBLICACIONES DE RECIENTE APARICIÓN

Esta sección presenta información sobre publicaciones regionales de reciente aparición



Fertilidad física de los suelos. 2ª. Edición. 2008.

Editores: Miguel A. Taboada y Carina R. Álvarez

Información: Editorial Facultad de Agronomía - UBA

Orientación Grafica Editora

www.ogredit.com.ar

sergiowaldman@arnet.com.ar

ogredit@yahoo.com.ar

Agrosistemas: Impacto ambiental y sustentabilidad. 1ª. Edición. 2008.

Editora: Lidia Giuffre

Información: Orientación Grafica Editora

www.ogredit.com.ar

sergiowaldman@arnet.com.ar

ogredit@yahoo.com.ar

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 Nélica Pisauri - DNI: 17.278.707

DIRECCION: Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso – Buenos Aires – Argentina

AGENCIA DE CORREOS DE DESTINO: Sucursal Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

- Depósito Bancario en Banco Galicia, Cta.Cte. N° 3856/4 053/5 Sucursal Olivos a nombre de INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE.

- Transferencia Bancaria a INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, Banco Galicia, Suc. Olivos, Cta.Cte. N° 3856/4 053/5, CBU 007005352000003856451 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, según instrucciones para el envío indicadas más arriba.

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) \$ 5.-; entre 100 - 500 g (equivalen a 3/5 publicaciones) \$ 15.00; entre 500 - 1000 g \$ 30; y de 1000-2000 g \$50.00.

2. Deberá enviarnos el comprobante de pago a nuestra oficina de IPNI Cono Sur por Fax: 011-4798-9939 o por mail a Lpisauri@ipni.net

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

CONGRESOS, CURSOS Y SIMPOSIOS

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

1

Frutic Chile 2009 - Información e ingeniería para la producción sustentable de frutas y hortalizas

Lugar y fecha: Concepción, Chile. 5-9 Enero 2009

Información: www.frutic09.org

VIª Reunión de Producción Vegetal y IIIª de Producción Animal del NOA.

Lugar y fecha: Centro Cultural Eugenio F. Virla, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Argentina. 23- 24 Abril 2009

Información: producvegetal@hotmail.com

Fertilidad 2009 – 9º. Simposio de Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos

Lugar y fecha: Rosario, Santa Fe, Argentina. 13-14 Mayo 2009

Información: www.ipni.net/lasc – www.fertilizar.org.ar

V Congreso Brasileiro de Soja – Mercosoja 2009

Lugar y fecha: Goiania, Goias, Brasil. 19-22 Mayo 2009

Información: www.cbsoja.com.br - cbsoja@fbeatos.com

Soil organic matters - Reunión de Materia Orgánica Rothamsted Research

Lugar y fecha: Harpenden, Inglaterra, Reino Unido. 23-25 Junio 2009.

Información: <http://www.rothamsted.ac.uk/bbsrc/Research/SoilOrganicMatters/>

XIII Congreso Forestal Mundial 2009

Lugar y fecha: Buenos Aires, Argentina. 18-25 Octubre 2009.

Información: www.cfm2009.org

XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo

Lugar y fecha: San José, Costa Rica. 16-20 Noviembre 2009.

Información: www.clacs2009.com

Suscripción



www.ipni.net/lasc

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!

Simposio “Fertilidad 2009”

Mejores Prácticas de Manejo para una Mayor Eficiencia en la Nutrición de Cultivos

13 y 14 de Mayo de 2009

*Centro de Convenciones Metropolitano
Alto Rosario Shopping
Av. Intendente Lamas 610, (2000) Rosario*

Organización: IPNI Cono Sur y Fertilizar Asociación Civil

Colaboración especial: AACCS, INTA, AAPRESID, CREA Sur de Santa Fe, Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Fundación Producir Conservando.

Objetivo: Presentar y discutir información actualizada en el manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos en el país y el exterior. Las presentaciones estarán a cargo de distinguidos profesionales nacionales y extranjeros.

Audiencia: Profesionales de actividad oficial y privada. Estudiantes avanzados de Agronomía.

Programa

- Bases científicas para las Mejores Prácticas de Manejo (MPM) de los nutrientes: Nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes.
- MPM de nutrientes en los cultivos y sistemas de producción: Maíz, trigo, soja, girasol, pasturas y otros cultivos.
- Intensificación y eficiencia en la producción de cultivos: Rol de los nutrientes a nivel de planta y de cultivo.
- Temas Especiales: Reservas de nutrientes a escala mundial. Logística en el manejo de los fertilizantes. MPM para la aplicación de fertilizantes. Manejo de suelos salinos y sódicos para la producción de cultivos. Programa ICCA de la American Society of Agronomy.

Costo: \$500 antes del 31 de Marzo; \$650 a partir del 1 de Abril (Incluye publicación y café). Estudiantes de grado: \$250 con presentación de libreta universitaria hasta el 9 de Marzo (cupos limitados).

Información e inscripción:

www.ipni.net/lasc - www.fertilizar.org.ar