

Informaciones Agronómicas

del Cono Sur



Instituto de la Potasa y el Fósforo

Potash & Phosphate Institute

Potash & Phosphate Institute of Canada

En este número:

Decisiones efectivas en el manejo de nutrientes

Balance de fósforo en rotaciones agrícolas

Rendimiento de soja. Factores limitantes

Formulación líquida de fertilizantes en tabaco

Nitrógeno en papa para industria

Compactación por el rodado de maquinarias en SD

Decisiones efectivas en el manejo de nutrientes ... mirando más allá de la próxima cosecha

Paul E. Fixen¹ y Fernando O. Garcia²

¹ Vicepresidente Senior, Potash & Phosphate Institute, Brookings, South Dakota, EE.UU.

² Director Regional, INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

pfixen@ppi-far.org; fgarcia@inpofofos.org

Presentado en el XIV Congreso de AAPRESID. Rosario, Argentina. Agosto 8-11, 2006.

Hay mucho en juego al tomar decisiones en el manejo de nutrientes. Una reciente revisión realizada a partir de estudios llevados a cabo en varias partes del mundo, concluyó que por lo menos 30-50% del rendimiento de los cultivos es atribuible a los nutrientes aplicados mediante fertilizantes comerciales (Stewart et al., 2005). A medida que los rendimientos continúen incrementándose, la definición de la nutrición balanceada requiere mayor precisión, mientras crece la preocupación acerca de los impactos ambientales en el uso intensivo de los nutrientes. Los recientes aumentos en los precios de los fertilizantes han creado un incentivo adicional para el uso económicamente óptimo de los nutrientes. La importancia, la complejidad y la incertidumbre inherente de los sistemas de manejo del suelo-planta-nutriente, hace del manejo de nutrientes una tarea agobiante, digna de lo mejor que la ciencia y la tecnología pueden ofrecer. Resulta afortunado que la ciencia hoy disponga de un impresionante conjunto de "piezas del conocimiento" sobre el sistema suelo-planta, y que la industria tenga

un conjunto también impresionante de tecnologías para ser aplicadas a la producción agrícola. Quizás nuestro desafío más grande hoy, es proveer ciencia y tecnología disponibles a los productores en un paquete integrado que apoye efectivamente las decisiones críticas en el manejo de nutrientes.



Paisaje del Cinturón Maicero Norteamericano (izquierda) y de la Región Pampeana Argentina (derecha).



Director: Dr. Fernando O. García
 INPOFOS Cono Sur
 Av. Santa Fe 910
 (B1641ABO) Acassuso – Argentina
 Tel/Fax (54) (011) 4798-9939
 E-mail: fgarcia@ppi-ppic.org
 Sitio Web: www.inpofos.org
www.ppi-ppic.org



Propietario: Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC)



ISSN 1666 - 7115
 No. de Registro de Propiedad Intelectual 222581

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

Contenido:

Decisiones efectivas en el manejo de nutrientes ... mirando más allá de la próxima cosecha _____ 1

Balance aparente de fósforo en rotaciones agrícolas del litoral oeste del Uruguay _____ 8

Variaciones del rendimiento de soja en el sur de Santa Fe. Factores limitantes de clima y suelo _____ 12

Comportamiento de la formulación líquida de fertilizantes en dos manejos de cultivo de tabaco _____ 16

Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de tubérculos en papa para industria _____ 19

Evaluación del efecto de la compactación por el rodado de maquinarias sobre algunas propiedades físicas del suelo y el cultivo de trigo en siembra directa _____ 22

Publicaciones de Inpofos _____ 26

Congresos, Cursos y Simposios _____ 27

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

Decisiones en el Manejo de Nutrientes

Las decisiones en el manejo de nutrientes y los factores potenciales que las influyen pueden ser vistas según indica la Figura 1 (Fixen, 2005). En esta conceptualización, los factores potenciales sirven como entradas o “inputs” a dispositivos de ayuda para la toma de decisiones. El dispositivo de ayuda ofrece un cierto tipo de salida o “output”, el cual es considerado durante el paso de la toma de decisión. Las decisiones tomadas conducen a las acciones en el manejo de nutrientes que generan un resultado. El resultado tiene valor educativo y genera una retroalimentación para el dispositivo, influenciando las decisiones futuras.

Los factores de cultivo incluyen rendimiento potencial, valor del cultivo, en algunos casos concentración de nutrientes en tejidos o color de hojas, y prácticas culturales que puedan influenciar el manejo de nutrientes. Factores de suelo a menudo involucran índices de disponibilidad de nutrientes en suelo u otras propiedades físicas, químicas o biológicas que influyen el ciclo de nutrientes y el crecimiento del cultivo. Factores del productor pueden incluir la tenencia de la tierra, suministro de capital, costos de oportunidad, o filosofía en el manejo de los nutrientes. Factores relacionados con el aporte de nutrientes incorporan la información sobre las fuentes disponibles, por ejemplo formas comerciales o nutrientes contenidos en abonos orgánicos, costos del fertilizante y costos de la aplicación. Factores de calidad de agua pueden incluir restricciones sobre la aplicación de nutrientes en zonas de riberas o cerca de otros cuerpos de agua o consideraciones debido a aguas subterráneas. Factores climáticos conducen algunos tipos de sistemas de apoyo basados en modelos de simulación, mientras que otros proveen información en tiempo real de las condiciones climáticas para una estación de crecimiento específica y los partes meteorológicos a corto plazo. Conocer cuales son las tecnologías relevantes que están disponibles en el sitio en cuestión puede influenciar ciertamente el procedimiento de toma de decisión.

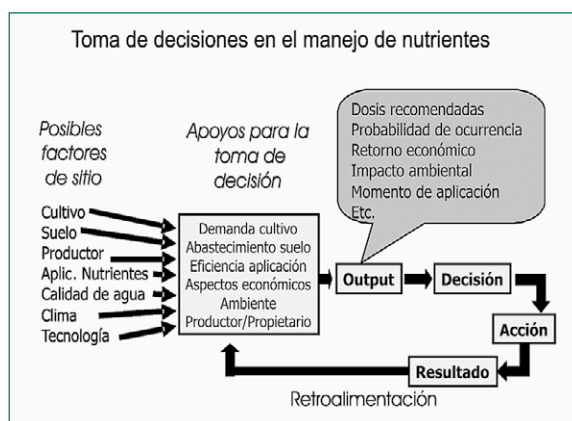


Figura 1. Proceso de Decisiones en el Manejo de Nutrientes (Fixen, 2006).

Apoyo para la toma de decisión, “output” o salida y retroalimentación

El apoyo para la toma de decisión, representado como una caja en la Figura 1, puede ser tan simple como un análisis de suelo y las recomendaciones de fertilización resultantes, o tan complejo como un programa integrado de computación que considere muchos de los posibles factores de sitio y proporcione una salida detallada sobre prácticas recomendadas y las probabilidades del resultado que pueden ser actualizadas a través de una estación de crecimiento. En sistemas de apoyo abiertos, el usuario no solamente ve cómo los factores del sitio se integran para influenciar la salida, sino que se permite alterar el proceso de la integración dentro de la “caja” de apoyo de decisión como parte de la retroalimentación. Cuando la retroalimentación incluye el proceso de integración del sistema de ayuda, la salida es dinámica y llega a ser más sitio-específica a medida que el tiempo transcurre.

Información adicional sobre sistemas y herramientas de apoyo de decisión para el manejo integrado de nutrientes se encuentra disponible en un documento de revisión reciente (Fixen, 2005) y en una presentación disponible en <http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/na-pro.nsf>. El foco de este escrito está en un conjunto de factores de sitio descritos arriba, aquellos que consideran consecuencias de más largo plazo de las decisiones efectivas en el manejo de nutrientes... que “miran más allá de la próxima cosecha”. El énfasis estará en materia orgánica de suelo y el impacto de los balances de fósforo (P).

Manejo de nutrientes: Efectividad vs. Eficiencia

La consideración de impactos a largo plazo de las decisiones de manejo de nutrientes requiere una comprensión de la diferencia entre la eficiencia y la efectividad. La eficiencia en el uso de los nutrientes puede ser expresada en diferentes maneras, pero la mayoría de las definiciones concluyen que la mayor eficiencia ocurre cuando el fertilizante es aplicado a dosis considerablemente menores a la dosis económicamente óptima. La Figura 2 ilustra que tal dosis da lugar a una alta eficiencia del nutriente pero no es probablemente efectiva porque no logra los objetivos principales de la utilización de los nutrientes. El objetivo de uso de los nutrientes varía con el plazo de tiempo involucrado:

Corto Plazo (usualmente un año):

1. Maximizar el retorno de la inversión
2. Eliminar las deficiencias de los cultivos
3. Mejorar la efectividad de otros insumos
4. Conseguir altos rendimientos a corto plazo

Largo Plazo (más de un año):

1. Mejorar la productividad del suelo

2. Incrementar el valor de la tierra
3. Maximizar la efectividad de otros insumos
4. Conseguir altos rendimientos a largo plazo

De hecho existe la oportunidad para mejorar la eficiencia, pero hay incluso una mayor oportunidad en mejorar la efectividad a largo plazo. Esto es esencialmente lo esperado como resultado de emplear las mejores prácticas de manejo (BMPs)..., el producto correcto, el lugar correcto y la dosis correcta... dentro de sistemas manejados intensivamente que apuntan a altos rendimientos y alta eficiencia en el manejo de nutrientes. La resultante “intensificación ecológica” promete ser una aproximación eficaz para la agricultura (Cassman, 1999).

Parte del desafío en el manejo de los nutrientes es evitar confundir verdaderas mejoras en eficiencia o efectividad a nivel de sistema, con prácticas que simplemente “toman prestado” de la productividad futura por el agotamiento de los nutrientes del suelo o que no valoran efectos residuales positivos sobre la productividad futura. Dobermann y colegas (2005) resumieron recientemente cuatro estudios de caso que ilustraban este desafío en algodón en California, soja en Hawaii, arroz en las Filipinas, y maíz en Nebraska. El estudio de maíz (Tabla I) ilustró que si el impacto de las prácticas de manejo en el N de la materia orgánica del suelo no hubiera sido considerado a través del período de cuatro años, se hubiese llegado a conclusiones incorrectas referentes a la eficiencia a largo plazo del uso de N en los sistemas que fueron evaluados.

Materia Orgánica del Suelo

Calidad del suelo es un término utilizado por los científicos para referirse a cómo el suelo realiza funciones críticas tales como el ciclado de nutrientes, distribución y almacenaje de agua, y crecimiento de la raíz de una planta. El carbono orgánico total (materia orgánica) fue hallado como un indicador sensible de la calidad del suelo (Karlen et al., 2006). Por lo tanto,

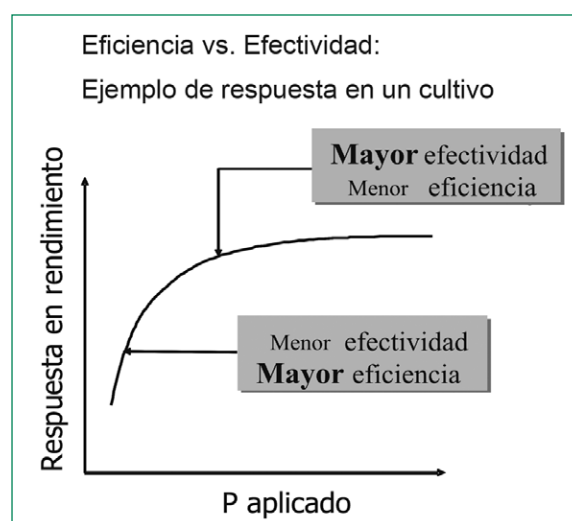


Figura 2. Eficiencia vs. Efectividad (Fixen, 2005).

niendo un nivel óptimo de P del suelo y usando dosis óptimas de fertilizante nitrogenado durante muchos años, puede dar lugar a niveles más altos de la materia orgánica de suelo, que bajo el manejo de nutrientes en forma subóptima (Fig 6; Schlegel, 2006). Un estudio en Colorado, conducido por el USDA, demostró un incremento en el carbono orgánico en los primeros ocho centímetros (8 cm) del suelo un año después de una fertilización con P y antes de que cualquier residuo superficial fuese incorporado en el suelo (Halvorson y Reule, 1999). Los autores sugirieron que la causa fue la estimulación del crecimiento radicular por la fertilización con P. Estudios recientes también han demostrado que las plantas que sufren de deficiencia de P utilizan una mayor cantidad del carbono neto asimilado en la respiración de la raíz (Lynch y Ho, 2005).

Ya sea debido a aumentos directos en la disponibilidad de residuos de cultivos o a una retención más eficiente del CO₂ capturado, las decisiones apropiadas en el manejo de nutrientes pueden tener un impacto positivo en la materia orgánica de suelo y proporcionar una oportunidad para obtener mayores beneficios a partir del reciclado de la misma. La consideración del impacto de la materia orgánica debe ser parte de las decisiones efectivas en el manejo de los nutrientes.

Balances de P y su impacto

La extracción de nutrientes por los cultivos provee un punto de referencia básico para las decisiones efectivas en el manejo de los nutrientes. Ofrece una estimación cruda de la cantidad de nutrientes que se debe reemplazar por alguna fuente para mantener niveles existentes de fertilidad de suelo y es, por lo tanto, un factor en la sustentabilidad del sistema.

La mayor remoción de P a partir del suelo con respecto a lo que se aplica, resulta a largo plazo en una declinación en los niveles de los análisis de suelo. Numerosos estudios experimentales han demostrado este hecho alrededor del mundo. En una escala superior, se han observado resultados similares. Por ejemplo, en el Cinturón Maicero de los EE.UU., en los últimos 80 años, después de muchos años de balances excedentes de P, la remoción de la cosecha comenzó

a exceder uso de P de fertilizantes y de abonos orgánicos. La información resumida de los análisis de suelo para esta región indica que esta situación resultó en un cambio de incremento de los niveles de P a niveles que lentamente declinaban para los suelos del Cinturón Maicero (Fixen y Murrell, 2002). En 2005, los productores de la mayoría de los estados del Cinturón Maicero substituyeron 60 a 90% del P removido por las cosechas de los cultivos con la adición de fertilizantes o abonos orgánicos. Sin embargo, debido a esos años de balances de P positivos, el promedio de P Bray-I en 2005 fue de 36, 29, 25, y 18 ppm para Illinois, Indiana, Iowa y Minnesota, respectivamente (Murrell, 2006). En otras palabras, gran parte del Cinturón Maicero continúa alimentándose de las reservas de P del suelo acumuladas hace más de 20 años. En algunos estados, esas reservas siguen siendo significativas, pero en otros han disminuido a niveles muy bajos.

La tasa de aplicación respecto a la remoción se está incrementando en Argentina, pero el reemplazo de P es menor al 45% (Fig 7), resultando en una disminución en los niveles de P del suelo (Fig 8) (Montoya et al., 1999). Para los niveles actuales de P demostrados en este conjunto de datos para la Pampa Arenosa, la información de la calibración de los análisis de suelo indica que la mayoría de los cultivos podrían ser altamente dependientes en la fertilización anual con P, a dosis que se aproximan la remoción por el cultivo. Dosis más bajas resultarán probablemente en disminuciones en la producción y la continua declinación en los niveles de P del suelo que dañara a los cultivos futuros.

Un reciente estudio de seis años que involucra cinco ensayos bajo la rotación maíz-trigo/soja en el sur de Santa Fe conducido dentro de la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, evalúa los beneficios de fertilizar el sistema de cultivos, reponiendo todo el P y el S removido por las cosechas de los granos producidos (maíz, trigo, soja) y dosis óptimas de N para trigo y maíz. Esta filosofía dio lugar a dosis anuales de aplicación de fertilizantes promedio de 126, 36, y 21 kg/ha para N, P, y S respectivamente. El margen bruto calculado restando el costo del fertilizante del incremento en el ingreso bruto era de \$1293/ha. Los efectos residuales sobre los cultivos siguientes en estudio fueron también

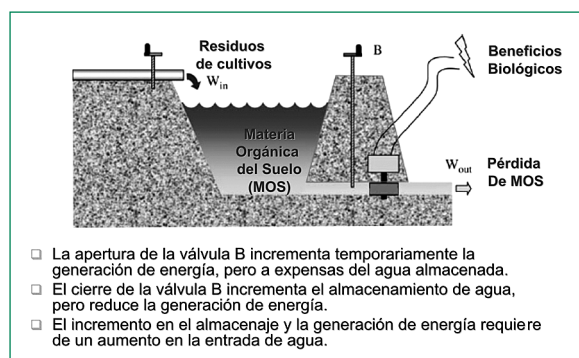


Figura 5. Planta Hidroeléctrica Hipotética y analogía con el carbono del suelo (Janzen, 2006).

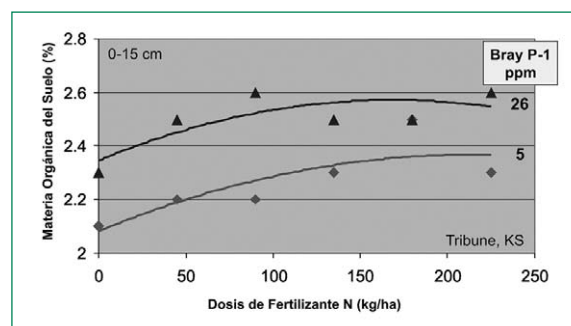


Figura 6. Influencia de la fertilización durante 45 años con N y P en maíz irrigado sobre el contenido de materia orgánica del suelo (Schlegel, 2006).

substanciales. Se obtuvieron respuestas residuales en trigo, soja, y maíz con respecto al testigo sin fertilizar de 2204, 559, y 1031 kg/ha, respectivamente, aún con aplicaciones directas de 88, 26 y 10 kg/ha de N, P, y S, respectivamente (García, 2006). Los involucrados en la evaluación creen que esta respuesta residual es debida más a un efecto de la fertilización balanceada en el ambiente del suelo (más residuos de la cosecha, más raíces, más carbono del suelo y una mayor actividad microbiana) que un efecto residual directo de N, de P y de S en la nutrición de la planta.

Un componente crítico de esta discusión del manejo de P a largo plazo es la distinción entre la respuesta a la fertilidad de suelo según lo reflejado por los análisis de suelo y la respuesta a la fertilización fosfatada. Quizás, el grupo con mayor experiencia en este tema es el equipo de investigación en la estación experimental de Rothamsted en Inglaterra. Ellos manejan los estudios más viejos de fertilidad de suelos del mundo. A.E. Johnston, al resumir algunos de sus estudios a largo plazo, ha indicado: "en los suelos empobrecidos (< 10 ppm P) aún las fertilizaciones mas elevadas de P al voleo no aumentan los rendimientos hasta los niveles alcanzados en suelos ricos en P (25 ppm P) sin aplicación de fosfato fresco" (Johnston, 1986). En otras palabras, los estudios demuestran que el fertilizante no puede sustituir totalmente a la fertilidad del suelo. El mensaje práctico es que el manejo óptimo de P debe incluir i) la definición de los niveles objetivo de P del suelo basados en investigaciones de calibración, seguido por ii) programas de manejo de nutrientes que mantengan los niveles de P del suelo por lo menos en esos valores objetivo.

El dilema de la soja en tierra alquilada en la Argentina y los EE.UU.

Uno puede discutir ciertamente que el manejo a largo plazo de P del suelo solamente tiene sentido para aquellos involucrados con una tenencia de la tierra por un período prolongado de tiempo. Por ejemplo, Murrell y Fixen (2006) utilizaron recientemente un modelo de aproximación desarrollado por el PPI (1993) y datos de la calibración de análisis de suelo de la Universidad del Estado de Iowa para estimar la mayoría de los niveles objetivo del análisis de P del suelo cuando la disponibilidad de capital es limitada para una

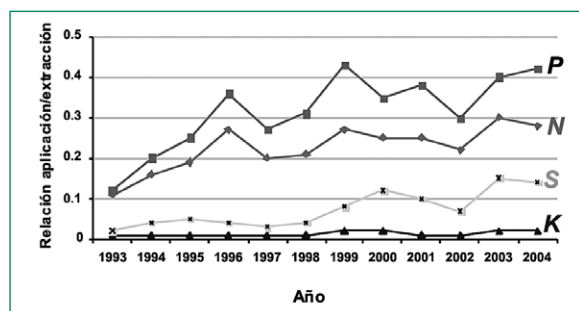


Figura 7. Argentina: Relaciones Aplicación/Extracción de N, P, K y S en cultivos extensivos.

rotación de maíz/soja para las duraciones de utilización de la tierra de 1, 4, y más de 8 años. Los niveles objetivo de P Bray-I estimados fueron 6, 16, y 21 ppm respectivamente. Claramente, no tiene ningún sentido construir niveles de P del suelo si no se cosecha por lo menos una porción de los beneficios futuros de la acumulación. Los arrendamientos a corto plazo pueden entonces ser un impedimento para el proceso de mantenimiento o construcción de la productividad del suelo a largo plazo. Se estima que cerca de 50% de la tierra cultivada en la región pampeana argentina es alquilada y una reciente investigación de 131 productores en el sur de Santa Fe (Pampa central), revela que el 60% de los establecimientos mayores a 200 has eran arrendados (Cloquell et al., 2005). La situación en el Cinturón Maicero de los EE.UU. es similar, el USDA reportó que la mayoría de los condados de esta zona presentan más del 40% de la tierra alquilada o arrendada.

El componente final del dilema es el cultivo de la soja, dominante en la rotación de la región pampeana, a veces el único cultivo realizado, y dominante en el Cinturón Maicero de los EE.UU. La soja ofrece un bajo aporte de carbono al sistema, contribuyendo a la declinación de la materia orgánica de suelo, y a menudo los estudios demuestran que presenta una menor respuesta al P con respecto a otros cultivos tales como trigo o maíz (Schwab et al., 2006). Por lo tanto, el crecimiento de éste cultivo puede permitir programas que utilicen el P del suelo, siendo más provechoso en el corto plazo. Sin embargo, a largo plazo puede afectar negativamente las características biológicas, físicas, y químicas del suelo y, con el tiempo, hacer cada vez más difícil de lograr buenas rentabilidades en otros cultivos. De esta manera, el enfoque a corto plazo se encuentra atrapado en aún más producción de soja, resultando en una espiral descendente que declina la calidad del suelo, haciendo más difícil mejorar esta calidad a medida que pasa el tiempo.

Es importante considerar, como solución parcial al dilema, la negociación de los acuerdos de arrendamiento donde las inversiones en productividad del suelo son compartidas equitativamente con el propietario y el arrendatario puesto que ambos pueden beneficiarse con una aproximación a más largo plazo.

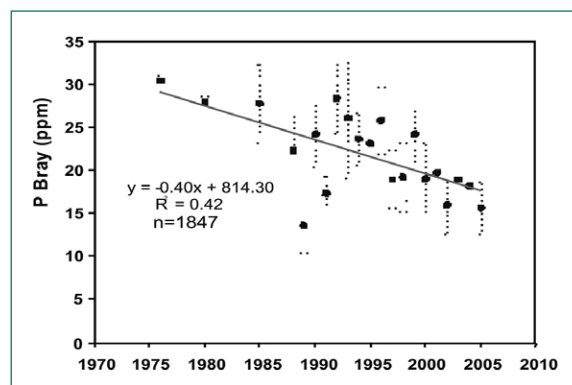


Figura 8. P extractable en suelos del Oeste de la región pampeana (Díaz Zorita et al., 2005, com. personal).

Síntesis Final

Las decisiones apropiadas en el manejo de nutrientes necesitan hoy considerar los numerosos factores sitio-específicos que se extienden desde características del cultivo o del suelo al tiempo y a las tecnologías disponibles. Una cierta clase de dispositivo de apoyo a la toma de decisión es generalmente necesario para ayudar a integrar esos factores y a crear salidas (“outputs”) que puede ser consideradas al tomar decisiones y realizar la acción para manejar los nutrientes. Algunos de esos factores sitio-específicos implicados en decisiones efectivas de manejo de nutrientes se ocupan de consecuencias a largo plazo de las prácticas de manejo debido a los efectos residuales que afectan la productividad y los beneficios.

Los cambios de la materia orgánica de suelo pueden ser un indicador sensible de la productividad del suelo. El manejo sustentable implica encontrar un equilibrio entre la adición de residuos de los cultivos y las ventajas obtenidas del decaimiento de la materia orgánica. El aumento de las entradas de carbono al suelo es uno de los medios más importantes de aumentar los beneficios asociados con la materia orgánica. Ya sea por el aumento directo en aporte de residuos de cultivos o por una retención más eficiente del carbono fijado por la fotosíntesis, las decisiones apropiadas en el manejo de nutrientes pueden afectar positivamente la materia orgánica y la productividad del suelo.

La remoción de P en los cultivos cosechados corrientemente excede el uso en la Región Pampeana y en el Cinturón Maicero de los EE.UU. El punto en el cual estos balances deficitarios reducen la productividad y los beneficios es precedido por el análisis de suelo. Es altamente probable que algunos establecimientos ya experimenten la pérdida de producción con análisis de P del suelo cayendo por debajo de los niveles óptimos, mientras que en otros casos pueden pasar muchos años antes de que las pérdidas sean experimentadas.

Debido a la alta frecuencia de tierra alquilada en las Región Pampeana y el Cinturón Maicero de los EE.UU., el uso creciente de los arrendamientos que comparten equitativamente los costos a corto plazo de las prácticas que retornan beneficios a largo plazo, será probablemente un ingrediente en el desarrollo de programas teniendo como objetivo el aumentar la productividad del suelo.

La Región Pampeana Argentina y el Cinturón Maicero de EE.UU. presentan similitudes en características y desafíos para lograr una sustentabilidad de largo plazo. Los cambios de prácticas actuales serán necesarios en ambas regiones para una agricultura sustentable. Continuar compartiendo los resultados de investigación y de los programas educativos en forma cooperativa debe ayudar a apresurar esos cambios necesarios y ayudarnos a todos a mirar... **más allá de la próxima cosecha.**

Bibliografía

- Alvarez R.** 2001. Estimation of carbon losses by cultivation from soils of the Argentine Pampa using the Century model. *Soil Use & Management* 17:62-66.
- Andriulo A. y G. Cordone.** 1998. Impacto de labranzas y rotaciones sobre la material orgánica de suelos de la región pampeana húmeda. In Siembra directa. J. Panigatti, H. Marelli, D. Buschiazzo and R. Gil (Eds.). Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 65-96.
- Cassman, K.G.** 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings National Academy of Science. (USA)* 96: 5952-5959.
- Cloquell S., R. Albanesi, M. De Nicola, G. Preda y P. Properzi.** 2005. Agricultura y agricultores. La consolidación de un nuevo modelo productivo. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias.* Año V No.8 pp. 29-40. Universidad Nacional de Rosario. Argentina.
- Dobermann, A, Cassman, K.G., Walters, D.T. y Witt, C.** 2005. Balancing short- and long-term goals in nutrient management. In Li, C.J. et al. (eds) *Plant Nutrition for Food Security, Human Health and Environmental Protection.* Tsinghua University Press, Beijing. pp 60-61.
- Echeverría H. y J. Ferrari.** 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* 112. EEA INTA Balcarce.
- Fixen, P.E.** 2005. Decision Support Systems in Integrated Crop Nutrient Management. *Proceedings No. 569.* International Fertilizer Society, York, UK. 1-32.
- Fixen, P.E. y Murrell, T.S.** 2002. The message of soil test summaries and nutrient removal. In: Murphy, L.M. (ed.). *Fluid Forum Proceedings.* Fluid Fertilizer Foundation, 2805 Claflin Road Suite 200, Manhattan, KS 66502, pp. 1-11.
- García F.** 2006. La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos. *Informaciones Agronómicas* 29:13-16.
- Halvorson, A.D. y Reule, C.A.** 1999. Long-term nitrogen fertilization benefits soil carbon sequestration. *Better Crops* 83(4):16-20.
- Janzen, H.H.** 2006. The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it? *Soil Biology & Biochemistry* 38: 419-424.
- Johnston, A.E., Lane, P.W., Mattingly, G.E.G., Poulton, P.R., y Hewitt, M.V.** 1986. Effects of soil and fertilizer P on yields of potatoes, sugar beet, barley, and winter wheat on a sandy clay loam soil at Saxmundham, Suffolk. *J. of Agric. Sci.* 106:155-167.
- Karlen, Douglas L., Eric G. Hurley, Susan S. Andrews, Cynthia A. Cambardella, David W. Meek, Michael D. Duffy, y Antonio P. Mallarino.** 2006. Crop Rotation Effects on Soil Quality at Three Northern Corn/Soybean Belt Locations. *Agron. J.* 98:484-495.
- Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F. and Cole, C.V.** 1998. The SOC Pool in U.S. Soils and SOC loss from cultivation. In: *The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect.* Ann Arbor Press, Chelsea, MI. 128 pp.
- Montoya J., A. Bono, A. Suárez, N. Darwich y F. Babinec.** 1999. Cambios en el contenido de fósforo asimilable en suelos del este de la provincia de La Pampa, Argentina. *Ciencia del Suelo* 17 (1):45-48.
- Morón, A.** 2003. Principales contribuciones del experimento de rotaciones cultivos-pasturas de INIA La Estanzuela en el área de fertilidad de suelos (1963-2003). Simposio “40 años de rotaciones agrícola-ganaderas”. Serie Técnica No. 134. INIA La Estanzuela. Uruguay.
- Murrell, T. S.** 2006. Northcentral soil test summary: changes in phosphorus and potassium. *Better Crops* 90(1):14-15.
- Murrell, T.S. y Fixen, P.E.** 2006. Improving fertilizer phosphorus effectiveness: Challenges for the future. *Phosphorus dynamics in soil-plant continuum: Int. Symp., 3rd, Uberlandia, Brazil.* 14-19 May, 2006. <http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/usanc.nsf>
- PPI.** 1993. PKMAN – A Tool for Personalizing P and K Management. Potash & Phosphate Institute, 655 Engineering Drive, Suite 110, Norcross, GA 30092-2821.
- Schlegel, A.J.** 2000. Nitrogen and phosphorus fertilization of irrigated corn and grain sorghum. *Kansas Fert. Res. Kansas State Univ. Agric. Exp. Stn. and Coop. Ext. Serv., Manhattan;* Personal communication with A. J. Schlegel.
- Schwab, Gregory J., Whitney, David A., Kilgore, Gary L., y Sweeney, Daniel W.** 2006. Tillage and Phosphorus Management Effects on Crop Production in Soils with Phosphorus Stratification. *Agron. J.* 98:430-435.
- Stewart, W. M., Dibb, D.W., Johnston, A.E. y T. J. Smyth.** 2005. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agron. J.* 97:1-6.
- Urricariet S. y R. Lavado.** 1999. Indicadores de deterioro en suelos de la Pampa ondulada. *Ciencia del Suelo* 17 (1): 37-44. ■