



INSTITUTO INTERNACIONAL
DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR



DICIEMBRE
2010
CONTENIDO

- ✦ BALANCES DE NUTRIENTES EN ARGENTINA
- ✦ SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA AMBIENTALMENTE SUSTENTABLES
- ✦ ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL PERFIL DEL SUELO
- ✦ REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES EN MAÍZ
- ✦ TECNOLOGÍA DE LA FERTILIZACIÓN AZUFRADA

BALANCES DE NUTRIENTES EN ARGENTINA ¿CÓMO ESTAMOS? ¿CÓMO MEJORAMOS?

Fernando O. García¹ y María Fernanda González Sanjuan²

¹IPNI Cono Sur – Av. Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. fgarcia@ipni.net

²Fertilizar Asociación Civil, mfgonzalez@fertilizar.org.ar

Una agricultura productiva sustentable requiere del uso adecuado de tierras (ordenamiento territorial), el control de los procesos erosivos y de desertificación, y el mantenimiento y/o mejoramiento de los recursos suelo, agua y aire. La intensificación productiva sustentable, definida como la mayor y más eficiente producción por unidad de recurso y/o insumo involucrado, se presenta como una alternativa válida para alcanzar estos objetivos.

La intensificación debe responder a los objetivos del productor: *productividad (P)*, *rentabilidad (R)*, *durabilidad del sistema de producción (D)* y *ambiente saludable (A)*. Por otra parte, estos objetivos deben responder a los objetivos de sustentabilidad económica, ambiental y social comunes a toda la sociedad (Bruulsema *et al.*, 2008).

El manejo de los fertilizantes, y nutrientes en general, debe compatibilizarse con y responder a los cuatro objetivos del productor (P, R, D y A), por lo que las mejores prácticas de manejo (MPM) de nutrientes y fertilizantes se consideran un subconjunto de las mejores prácticas de manejo de cultivos a nivel de lote y/o establecimiento. Las MPM se definen en términos

de la aplicación de la fuente correcta del nutriente, en la dosis correcta, en la localización correcta y en el momento correcto (4Cs) (Bruulsema *et al.*, 2008). La Figura 1 muestra la relación existente entre los distintos niveles discutidos, las MPM de fertilizantes insertadas en el manejo productivo, rentable, sustentable y cuidadoso del ambiente de los cultivos, para responder a los criterios de sustentabilidad económica, ecológica y social demandados por la

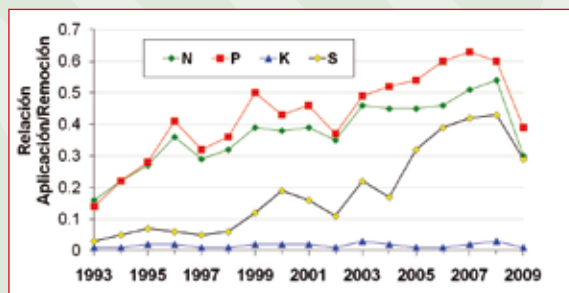


Figura 3. Evolución de la relación aplicación/extracción en grano de N, P, K y S para los cuatro principales cultivos de grano (soja, maíz, trigo y girasol) en Argentina entre 1993 y 2009.

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: 869378

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: Agroeditorial agroeditorial@amatthiess.com.ar

Impresión: Grancharoff Impresores

Contenido:

Balances de nutrientes en Argentina ¿Cómo estamos? ¿Cómo mejoramos? _____	1
¿Nuestros actuales sistemas de producción agrícola son ambientalmente sustentables? _____	6
Modelos de regresión sencillos para estimar el con- tenido de agua en todo el perfil usando la humedad superficial _____	11
Nutrición de Maíz: Requerimientos y Absorción de Nutrientes _____	14
Tecnología de la fertilización azufrada en la Región Pampeana. Estado actual y tendencias _____	19
Congresos y Publicaciones _____	26



Figura 1. Marco global para las mejores prácticas de manejo (MPM para el uso de los fertilizantes), las 4Cs (Adaptado de Bruulsema *et al.*, 2008).

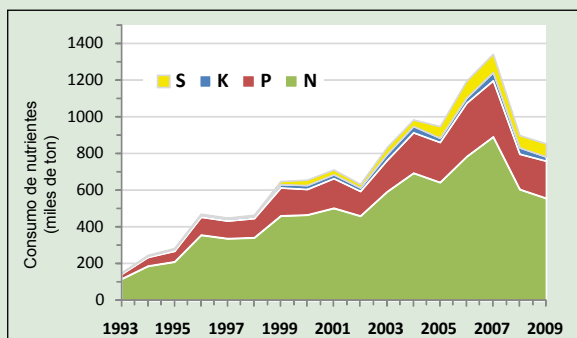


Figura 2. Evolución del consumo de nutrientes (nitrógeno, fósforo, azufre y potasio) en Argentina entre 1993 y 2009. Fuente: Elaboración propia en base a datos MinAgri y Fertilizar AC.

sociedad. Este marco general enfatiza la necesidad de implementar las MPM de los fertilizantes, a partir de principios científicos probados, que son globales y también aplicables a nivel de establecimiento.

La aplicación de los principios científicos difiere ampliamente según el sistema de producción considerado (características ecológicas de la región, rotaciones, etc.). Ejemplos de principios científicos aplicables para el desarrollo de las MPM son el conocimiento de los procesos y mecanismos de las transformaciones de los nutrientes, de la interacción entre nutrientes entre sí y con otros factores de producción, de los efectos sobre calidad de los suelos y cultivos, de la compatibilidad de mezclas fertilizantes, etc.

Las MPM deben ser evaluadas a través de indicadores que reflejen el impacto combinado de las mismas a nivel regional, nacional y global (Figura 1). El balance de nutrientes es uno de los indicadores utilizados para evaluar las MPM de uso de fertilizantes.

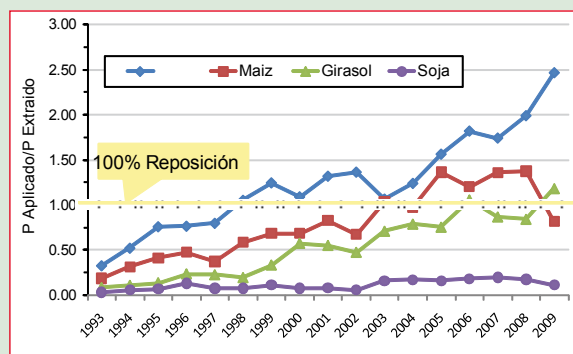


Figura 4. Evolución de la relación aplicación/extracción de P en grano para soja, maíz, trigo y girasol en Argentina entre 1993 y 2009.

Consumo de fertilizantes en Argentina

El consumo de fertilizantes en Argentina se ha incrementado fuertemente en los últimos 15 años. En términos de nutrientes, el consumo era de 150 mil toneladas de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) en 1993, y alcanzó 1.345.000 toneladas en 2007 para los mismos cuatro nutrientes (Figura 2). En 2008 y 2009, se registró una reducción de consumo como resultado de las condiciones de sequía y económicas. Los cultivos de grano (trigo, maíz, soja y girasol) explican el 75% del consumo total de fertilizantes. Estimaciones recientes indican que el 95%, 90%, 50% y 60% del área sembrada con trigo, maíz, soja y girasol, respectivamente, reciben algún tipo de fertilización.

Balance de nutrientes

Los balances de nutrientes en el sistema suelo-planta se pueden considerar a distintas escalas de tiempo y espacio. El esquema de balances parciales contempla la estimación de los mismos a partir de las entradas

y salidas de los nutrientes en el suelo durante un periodo determinado. Para los cultivos anuales de producción de grano, el periodo considerado es el de la estación de crecimiento, y la estimación del balance surge de comparar el aporte proveniente de las aplicaciones de nutrientes vía fertilización o a través de otras fuentes (estiércol, etc.) y la extracción de nutrientes en los granos u órganos de cosecha. Las relaciones aplicación/extracción en grano de N, P, K y S para los cuatro principales cultivos (soja, maíz, trigo, girasol) han mejorado durante los últimos años, pero los balances de nutrientes siguen siendo negativos (Figura 3). Las reposiciones más altas se alcanzaron en la campaña 2007 y disminuyeron en 2008 y 2009, estimándose para la campaña 2009/10 una reposición vía fertilización del 30%, 39%, menos del 1% y 29% de N, P, K y S, respectivamente.

La Figura 4 muestra la evolución de la reposición de P (aplicación/extracción en grano) para cada uno de los cuatro cultivos entre 1993 y 2009. Las aplicaciones de P en trigo y, en menor medida, en maíz han superado a las extracciones. La alta aplicación atribuida al trigo podría estar destinada parcialmente

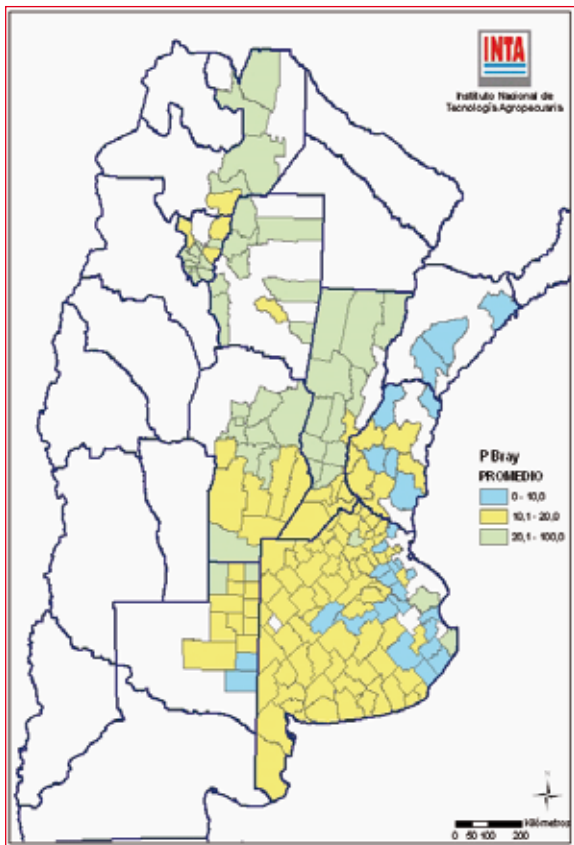


Figura 5. Mapa de P Bray 1 (0-20 cm) para partidos o departamentos de provincias argentinas. Total de 34447 muestras de las campañas 2005 y 2006, con una distribución de 64% de la provincia de Buenos Aires, 16% de Santa Fe y 11% de Córdoba (Sainz Rozas et al., 2008).

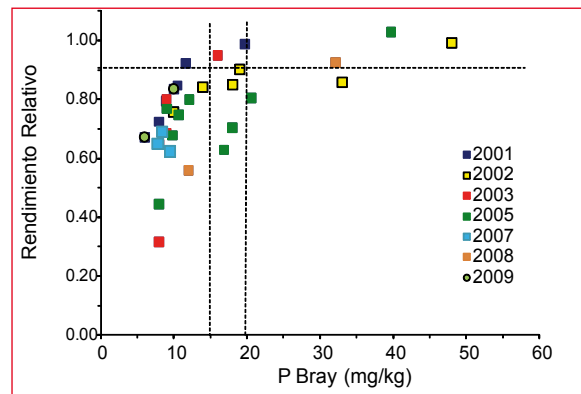


Figura 6. Rendimiento relativo de trigo en función del nivel de P Bray 1 (0-20 cm) en la Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe. Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP (Boxler et al., 2010).

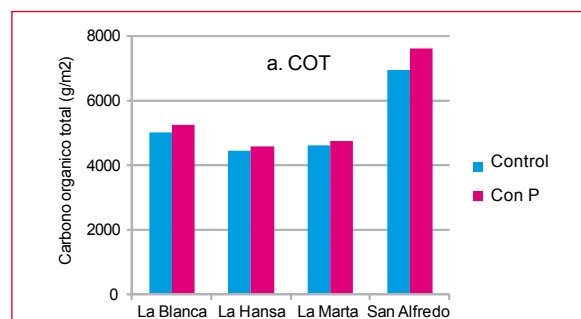


Figura 7. Carbono orgánico total (0-20 cm) en tratamientos sin y con aplicación de fósforo durante seis años en cuatro ensayos de la Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe (Ciampitti et al., 2010).

al cultivo de soja de segunda que lo sucede en la rotación. De todas maneras, la reposición de P en soja ha sido muy baja generando un importante balance negativo cuando se consideran los cuatro cultivos (Figura 3).

Estas estimaciones muestran la tendencia a nivel país, sin embargo, los balances a nivel regional, local o de establecimiento pueden ser muy variables. Asimismo, debe tenerse en cuenta que no siempre un balance neutro o positivo indica una MPM de fertilizantes y un claro ejemplo es lo que ocurre con K. Los niveles de disponibilidad de K en el suelo son elevados en la mayor parte de los suelos bajo producción de granos en Argentina, por lo cual no tiene sentido productivo, ni económico, ni ambiental, reponer el K extraído. Sin lugar a dudas debemos ser conscientes de esos balances negativos del nutriente y evaluar periódicamente su evolución en el suelo, el cual inevitablemente irá disminuyendo en la medida que se intensifique más la producción.

¿Por qué es importante considerar el balance de nutrientes?

Los balances negativos reducen la cantidad y disponibilidad de nutrientes en los suelos afectando:

- la calidad (fertilidad) de los suelos
- los rendimientos de los cultivos
- la sustentabilidad de los sistemas de producción

Considerar los balances de nutrientes es estratégico para el desarrollo de una agricultura productiva sustentable. Un ejemplo relevante es el caso del P. Las reservas mundiales de P son limitadas, por lo tanto, se espera que su oferta pueda disminuir en futuros años y/o su precio se incremente. Siendo el P un insumo limitante de nuestros agro-ecosistemas, el desarrollo de la agroindustria debería procurar el uso eficiente del mismo y evaluar las potenciales ventajas de mantener niveles adecuados de P en el suelo para los cultivos. Asimismo, deberían evaluarse fuentes de abastecimiento de P nacionales para disminuir la dependencia del abastecimiento externo.

La evaluación de la fertilidad fosfatada de los suelos en Argentina se basa en el análisis en pre-siembra que determina el nivel de P Bray a 0-20 cm. Esta metodología ha sido probada y recomendada para todos los cultivos. Las calibraciones sugieren niveles críticos por debajo de los cuales la probabilidad de respuesta es alta: rangos de 15-20, 9-14, 10-15 y 13-18 mg kg⁻¹ P Bray para trigo, soja, girasol y maíz, respectivamente. Estos umbrales son relativamente constantes para todas las zonas de producción de granos e independientes del rendimiento esperado del cultivo ya que el P es un nutriente inmóvil en el suelo. La Figura 5 muestra un mapa de P Bray

recientemente elaborado por INTA (Sainz Rozas *et al.*, 2008), e indica que una gran proporción de los suelos bajo producción se encuentra en niveles menores de 20 ppm. Los balances negativos de P han resultado en caídas en los niveles de P Bray en numerosas regiones.

El nivel de P extractable define la probabilidad de respuesta (Figura 6), y con ello la probabilidad de obtener un beneficio económico de la fertilización fosfatada. Las respuestas a la fertilización en suelos deficientes en P resultan en tasas de retorno de 2:1 o superiores. Es decir que se dispone de la herramienta tecnológica para decidir la fertilización desde el punto de vista productivo y económico.

La adopción de las MPM de fertilizantes también genera impactos ambientales positivos. La Figura 7 muestra como la fertilización fosfatada puede impactar en la acumulación de carbono orgánico del suelo (materia orgánica). La evaluación realizada en la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe muestra que la fertilización fosfatada resultó en la acumulación de aproximadamente 3 toneladas de C en seis años. Las MPM también indican que las aplicaciones de P presentan efectos residuales, es decir que sus efectos se observan más allá del año de incorporación de fertilizante.

Asimismo, las MPM señalan que los efectos residuales de la fertilización nitrogenada son limitados estrictamente a situaciones en las cuales el N se asocia con C del suelo para generar compuestos orgánicos. Las formas inorgánicas de N, específicamente nitratos, son muy móviles y se pierden rápidamente de los suelos hacia napas freáticas, cursos de agua o se transforman a formas gaseosas como el N₂O, un potente gas de efecto invernadero. Por lo tanto, aplicar la dosis correcta de N para el cultivo inmediato es clave para el manejo sustentable. En este caso, los balances de N constituyen un indicador secundario de las MPM, siendo más significativos indicadores tales como la eficiencia de uso del N (EUN) o la calidad del agua y del aire.

¿Cuáles son los desafíos y necesidades a futuro en el manejo de los balances de nutrientes?

El manejo de balances de nutrientes debe insertarse en el marco de una agricultura productiva sustentable considerando todos los componentes del sistema de producción (recursos, insumos, procesos). Los desafíos que se presentan incluyen:

- Analizar los balances de nutrientes a escalas regionales y locales y no solamente nacional;
- Evaluar las posibles consecuencias de los balances actuales en calidad (fertilidad) de suelos, productividad y sustentabilidad de los sistemas;

- Generar acciones que permitan corregir las consecuencias negativas y maximicen la eficiencia de uso de los nutrientes en los sistemas de producción. Para enfrentar estos desafíos, surge una serie de necesidades de investigación, extensión, acciones del sector productivo y de políticas agropecuarias que deberían orientarse a:
 - Disponer de bases de datos actualizadas y a escalas locales en todo el país
 - Mayor foco en investigación, educación y extensión para:
 - Un mejor entendimiento de que un balance inadecuado de nutrientes limita la producción de alimentos, los resultados económicos y puede dañar el ambiente,
 - Identificar las mejores respuestas agronómicas y económicas a un nivel óptimo de fertilidad de suelo y de manejo de la nutrición de los cultivos,
 - Evaluar impactos asociados al ambiente (lixiviación, escorrentía, emisiones de los GEI, mejoras/mantenimiento en el stock de carbono en el largo plazo y otras)
 - Apoyo financiero y cooperación entre los sectores de la agroindustria, privados, gobierno y ONGs

Consideraciones finales

Las secciones anteriores buscan definir sintéticamente la situación actual de los balances de nutrientes en el país. Asimismo, se discuten brevemente algunos principios básicos de MPM que resultan en balances correctos para el nutriente o sistema en particular. Tres aspectos que definen el marco de la evaluación del balance de nutrientes son:

- La fertilidad de suelos es un componente significativo de la calidad del recurso suelo y tiene significativas implicancias productivas... pero no es el único,
- El balance de nutrientes es un indicador importante para evaluar las MPM de nutrientes y fertilizantes en los sistemas de producción agropecuaria ... pero no es el único,
- Para distintos agro-ecosistemas, otros indicadores pueden ser de mayor importancia para la sustentabilidad del recurso suelo: propiedades químicas, físicas y biológicas, erosión, ... y por supuesto, la productividad.

Referencias

- Boxler M., F. García, J. Minteguiaga, L., R. Pozzi, G. Deza Marín, N. Reussi Calvo & A. Berardo.** 2010. Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos Región CREA Sur de Santa Fe. Resultados de la campaña 2009/10: Trigo. Disponible en [http://www.ipni.net/far/farguide.nsf/\\$webindex/article=788685A80325771F0079A87AEBD35528!opendocument](http://www.ipni.net/far/farguide.nsf/$webindex/article=788685A80325771F0079A87AEBD35528!opendocument)
- Bruulsema T., C. Witt, F. Garcia, S. Li, T.N. Rao, F. Chen & S. Ivanova.** 2008. A Global Framework for Fertilizer BMPs. *Better Crops* 92 (2): 13-15. IPNI. Norcross, GA. USA.
- Ciampitti I., G. Rubio, L. Picone & F. Garcia.** 2010. Soil carbon and phosphorus pools in field crops rotations in Pampayan soils of Argentina. Enviado para su publicación a *Soil Sci. Soc. Am. J.*
- Fertilizar Asociación Civil.** <http://www.fertilizar.org.ar/>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.** <http://www.minagri.gob.ar/site/index.php>
- Sainz Rozas H. & H. E. Echeverría.** 2008. Relevamiento de la concentración de fósforo asimilable en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana. *Acatas CD XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* San Luis. AACs. Versión cd-rom. ■