

La fertilidad de los suelos y el uso de nutrientes en la producción agrícola extensiva de Argentina ¹

Fernando O. García^a y Martín Díaz-Zorita^b

^a IPNI Cono Sur - Av. Santa Fe 910 – (B1641ABO) Acassuso, Buenos Aires, Argentina - fgarcia@ipni.net

^b Monsanto BioAg - Calle 10 753 – (B1629MXA) P.I. Pilar, Pilar, Buenos Aires, Argentina – martin.diaz.zorita@monsantobioag.com

Introducción

Los suelos de producción de granos en la región pampeana y las áreas del noroeste y noreste argentino, se han considerado de alta fertilidad en su condición prístina, con elevados contenidos de materia orgánica (MO), alta saturación de bases, y adecuados contenidos de micronutrientes (Lavado y Taboada, 2009). En la región pampeana, solamente los suelos de la zona del sur de las provincias de Buenos Aires y de Entre Ríos, mostraban bajos niveles originales de fósforo (P) extractable (P Bray 1 menores de 10-15 mg kg⁻¹) en su condición prístina (Darwich, 1983).

La adopción de rotaciones agrícolas-ganaderas en la región pampeana, con periodos bajo cultivos anuales y bajo pasturas, permitieron mantener la tasa de pérdida de fertilidad en niveles moderados. En el periodo bajo pasturas se recuperan los niveles de MO y la fertilidad física del suelo luego de los periodos de cultivos anuales, principalmente bajo laboreo (Studdert et al., 1997). Estas mejoras parciales de MO permitían recuperar la disponibilidad de nitrógeno (N) y de azufre (S) y atenuaban la extracción anual de nutrientes como P, entre otros.

A partir de los '80 se genera una expansión de la agricultura con reducción de los periodos bajo pasturas intensificándose hacia modelos de "agricultura continua" desde los inicios de la década del 90'. Entre 1990 y 2013, la producción de los principales cultivos de grano (soja, maíz, trigo, sorgo y cebada) casi se triplicó, aumentando el área sembrada en aproximadamente un 100% e incrementándose los rendimientos, según cultivos, entre 13% y 130% (Figura 1).

¹ Capítulo del libro "El Deterioro del Suelo y del Ambiente de la Argentina" editado por la Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura –FECIC- en 2015.
http://fecic.org.ar/prosa.php?area=prosa_editorial.

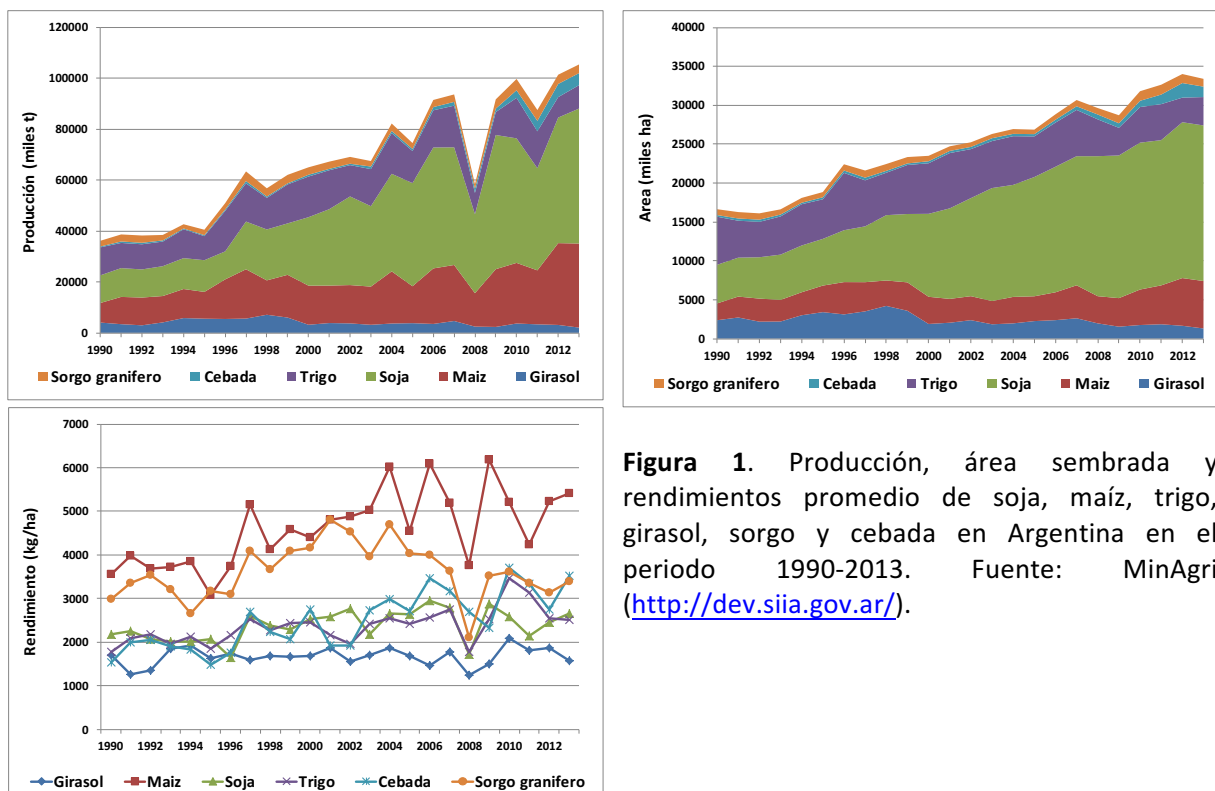


Figura 1. Producción, área sembrada y rendimientos promedio de soja, maíz, trigo, girasol, sorgo y cebada en Argentina en el periodo 1990-2013. Fuente: MinAgri (<http://dev.siaa.gov.ar/>).

La adecuada nutrición de cultivos explica en parte el crecimiento de la producción de los cultivos. A nivel mundial, se estima un aporte medio de entre el 40% y el 70% mientras que estudios locales describen aportes de entre el 6% y casi el 300% dependiendo de los cultivos, los rendimientos alcanzables y las condiciones de fertilidad de los suelos (García, 2009). Según Alvarez et al. (2012), la fertilización en Argentina contribuyó en un 16% al incremento de los rendimientos entre 1967/68 y 2007/08. Este aporte, menor a los citados internacionalmente, se atribuye a la alta fertilidad original de los suelos agrícolas, las reducidas dosis de fertilización aplicadas y al predominio de soja que fija N atmosférico para cubrir sus requerimientos en este elemento. Si bien en los últimos 20 años el consumo aparente de fertilizantes se incrementó marcadamente, los balances de nutrientes son aún negativos con lo cual sus reservas en los suelos disminuyen afectando la sustentabilidad de los sistemas de producción (Cruzate y Casas, 2012; García y González Sanjuan, 2013).

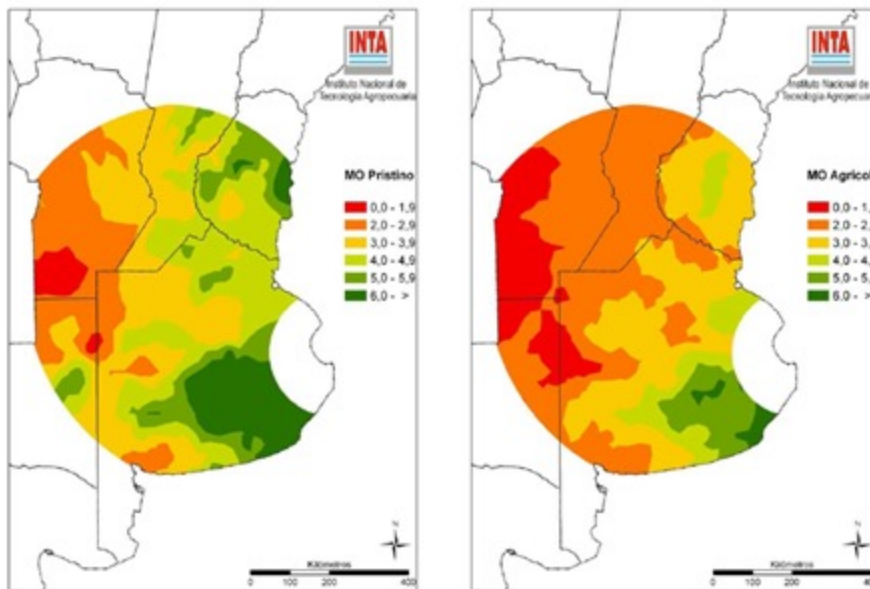
En este capítulo se describen y discuten, en particular para la región pampeana, i) la evolución y el estado actual de la fertilidad de suelos identificando la extensión de limitaciones nutricionales, ii) el uso de nutrientes en la agricultura extensiva, y iii) algunas consideraciones sobre prácticas de manejo para mejorar la productividad de los cultivos y la sustentabilidad de los sistemas

Evolución y estado actual de la fertilidad de los suelos

Las dinámicas del N y el S en el suelo están estrechamente ligadas a la dinámica de carbono (C) principal componente de la MO. Esta, en la agricultura pampeana y extra pampeana, ha sido fuente mayor de N, de S, y también de P, disminuyendo a partir de la introducción de la agricultura, principalmente bajo prácticas de laboreo (Casas, 1998; Urricarriet y Lavado, 1999). En una evaluación reciente, Sainz Rozas et al. (2011), comparando 613 muestras de suelos bajo prácticas agrícolas con 568 muestras de suelos bajo condición prístina, determinaron reducciones de la MO de entre el 20% y el 40% (Figura 2). En promedio, los suelos agrícolas presentaban contenidos de MO del 2,9% y los prístinos del 4,0%. Asumiendo una relación C:N:S de 140:10:1,3, la disminución media de aproximadamente el 1% en la concentración superficial (0 a 20 cm) de MO, equivale a la disminución en unos 1050 kg ha⁻¹ de N y 135 kg ha⁻¹ de S.

En los últimos 20 años, la menor reserva de N orgánico, junto a la mayor demanda de los cultivos, ha resultado en respuestas generalizadas y crecientes a la fertilización con N en maíz, trigo y otros cultivos. Las deficiencias y respuestas a S se detectaron hacia mediados de los 90' en el sur de Santa Fe (Martínez y Cordone, 1998 y 2005), y se extendieron rápidamente a casi toda la región pampeana (Carta et al., 2001; Ferraris et al., 2004; Pagani et al., 2009; García et al. 2010). Estas deficiencias y respuestas a S se asociaron con la mayor demanda de los cultivos por la extensión de los periodos bajo cultivos anuales, la alta frecuencia de soja, la adopción de la siembra directa y los incrementos de rendimientos.

En el relevamiento de Sainz Rozas et al. (2011), los valores medios de pH en muestras de suelos agrícolas (6,58) fueron un 4,2% inferiores que los de suelos prístinos (6,87) (Figura 2), indicando una tendencia a la acidificación también descrita por otros autores (Vázquez, 2011). La acidificación se debe a la pérdida de bases [calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K)], que se atribuye a la extracción por los cultivos, las pérdidas por lavado y, en menor medida, al incremento en el uso de fertilizantes amoniacales. En particular, para el caso de K, Correndo et al. (2012) reportaron disminuciones, respecto a la condición prístina, en los niveles de K intercambiable en Argiudoles y Hapludoles bajo producción agrícola en el sur de Santa Fe. Sin embargo, los niveles extractables actuales aún son superiores a los sugeridos como limitantes para el normal crecimiento de los cultivos.



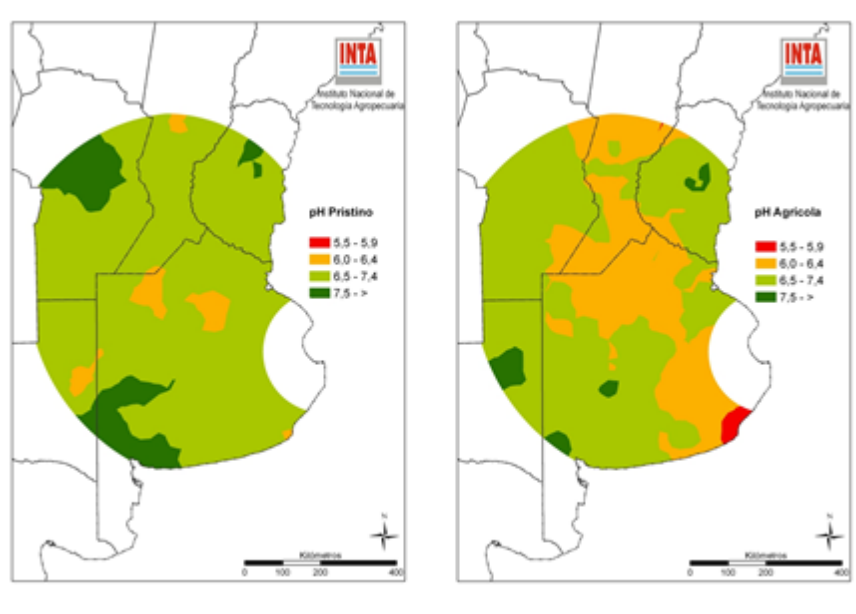


Figura 2. Rangos de materia orgánica (MO) (figura superior) y niveles de pH (figura inferior) en suelos prístinos y bajo agricultura en la región pampeana (Sainz Rozas et al., 2011).

Es abundante la información de relevamientos de niveles de P extractable de los suelos que muestra la paulatina reducción de esta fracción en diferentes áreas de producción agropecuaria en relación con la ocurrencia de balances negativos de este elemento (Darwich, 1983; Díaz-Zorita, 2012; García y González Sanjuan, 2013). Por ejemplo, en la región de la pampa arenosa se identifican tres períodos en el análisis de la evolución de los niveles extractables de P (Figura 3). Tanto en el primero, durante el predominio de sistemas ganadero-agrícolas extensivos, como en el posterior de expansión de prácticas agrícolas con moderado uso de fertilizantes, se observan disminuciones en este nutriente. En concordancia con el crecimiento en la incorporación de prácticas de fertilización con P para la producción de cultivos agrícolas, los cambios medios observados en el último período son de menor magnitud o relativamente estables.

Durante los últimos 20 años, disminuyó la superficie de ambientes no limitados en P para la normal producción de cultivos de granos en la región pampeana (Figura 4). Actualmente, aproximadamente el 50% del área agrícola de la región muestra contenidos de P extractable inferiores a los críticos para la normal producción de los principales cultivos de cosecha (Sainz Rozas et al, 2012).

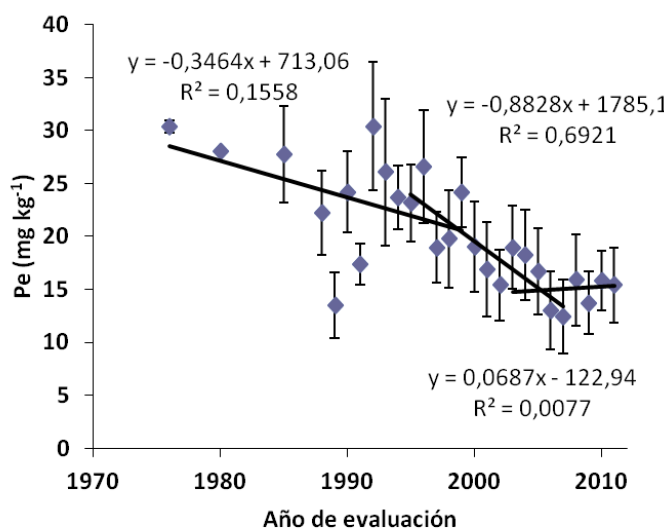


Figura 3. Evolución aparente de los niveles de fósforo extractable (método Bray Kurtz 1) en suelos agrícolas de la región de la pampa arenosa. Elaboración a partir de 6125 muestras de 0 a 20 cm de profundidad (Díaz-Zorita, 2012).

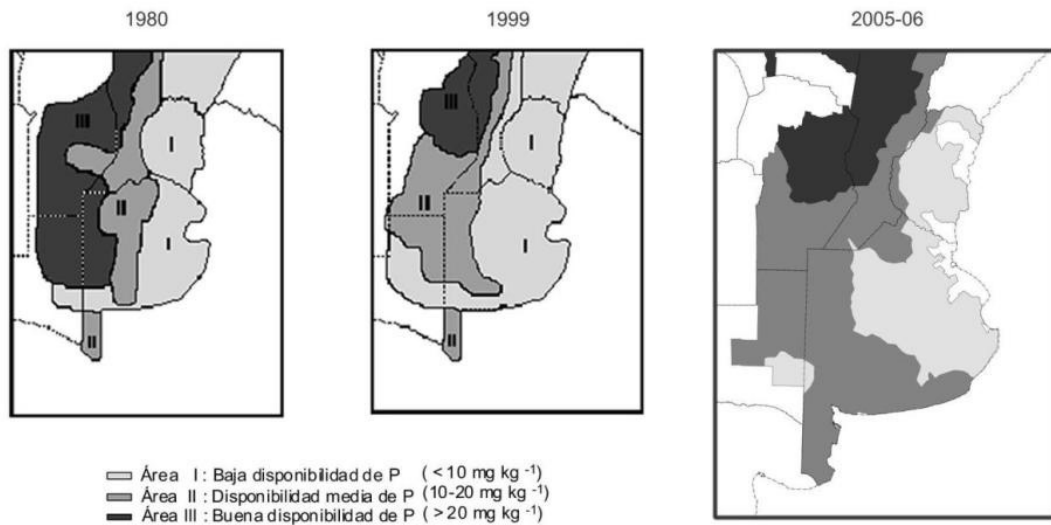


Figura 4. Rangos de concentración de P-Bray I (Bray y Kurtz, 1945) en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana en 1980 (Darwich, 1983), en 1999 (N. A. Darwich, 1999, com. personal) y en 2005-06 (Sainz Rozas et al., 2012).

En cuanto a los micronutrientes, relevamientos realizados por FAO a fines de los '70 determinaron solamente algunos suelos con bajos niveles de cobre (Cu) y de zinc (Zn) (Sillanpaa, 1982). Hacia las décadas del '80 y '90, la fertilización con estos elementos no resultaron en respuestas significativas, con excepción de algunas experiencias con boro (B) en girasol en el oeste de la región pampeana. El relevamiento realizado por Sainz Rozas et al. (2013) sugiere que las prácticas agrícolas en la región pampeana no habrían modificado significativamente los niveles extractables de cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn). Estos, en general, muestran niveles considerados como no limitantes para la normal producción de los principales cultivos de granos. En particular, la acidificación observada bajo agricultura explicaría el incremento en los niveles extractables de Fe y de Mn. En cambio, los valores más frecuentes de B y de Zn extractables determinados actualmente en suelos agrícolas son inferiores a los que se encuentran bajo condiciones prístinas (Tabla 1, Figura 5) y en ambos casos sugieren la ocurrencia de posibles limitaciones para la normal producción de cultivos, principalmente en el centro-oeste de la región pampeana (Sainz Rozas et al., 2013). En coincidencia, en esta área, la frecuencia de estudios que muestran aumentos en producción al aplicar Zn en maíz o B en soja es creciente (Fontanetto et al., 2009; Esposito et al., 2011; Ferraris, 2011; Michiels y Ruffo, 2012).

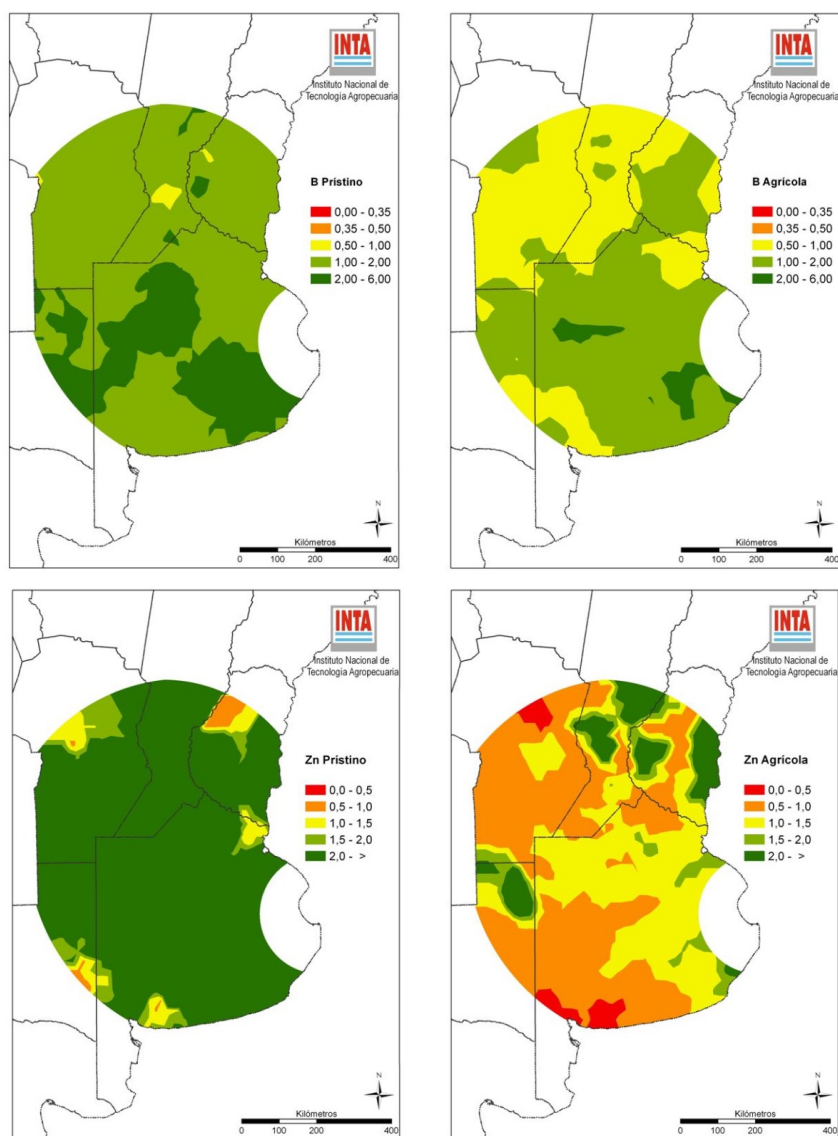


Figura 5. Rangos de valores de boro (B) (figura superior), y de zinc (Zn) (figura inferior) en suelos de la región pampeana en suelos prístinos y con prolongada historia agrícola. Fuente: Sainz Rozas et al. (2013).

Tabla 1. Valores más frecuentes (mediana) de los valores de boro y zinc extractables en tres zonas de la región pampeana (Sainz Rozas et al., 2013).

Zona	Boro		Zinc	
	Prístino	Agrícola	Prístino	Agrícola
----- mg kg ⁻¹ -----				
N Bs. As. – S Santa Fe	2,0	1,4	4,8	1,1
O Bs. As. – E La Pampa	2,4	1,8	2,9	0,9
S Bs. As	2,5	2,0	1,9	0,8

Uso de fertilizantes en la agricultura extensiva

La nutrición de cultivos, y la fertilización en particular, han mostrado una participación creciente en los sistemas de producción de cultivos extensivos pampeanos en los últimos 20 años. Distintos factores económicos, comerciales, logísticos, técnicos y científicos se combinaron a inicios de los '90 para permitir la expansión del uso de fertilizantes en Argentina que pasó de aproximadamente 250 mil toneladas en 1991 a 3,7 millones de toneladas en 2007 y 2011 (Figura 6). En este periodo, el consumo creció a una tasa de aproximadamente 149 mil toneladas anuales destinándose casi el 80% del total de fertilizantes a los principales cultivos de grano (trigo, maíz, soja, girasol, sorgo y cebada). Históricamente, los fertilizantes nitrogenados tienen una participación mayoritaria en el consumo representando más de dos tercios del volumen consumido, la importancia relativa de los fosfatados es creciente y próxima al 24%, y los potásicos representan el 2% del consumo total (Garre et al., 2012).

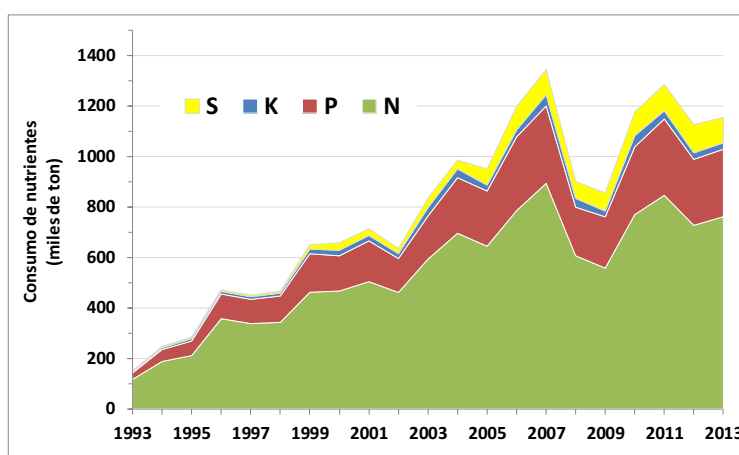


Figura 6. Evolución del consumo aparente de nutrientes de fertilizantes en Argentina en el periodo 1993-2013. Elaborado a partir de datos de MinAgri y Fertilizar AC.

La siembra directa, los genotipos de alto potencial y el avance en las tecnologías de manejo de los cultivos y su protección, entre otros factores, han dado el marco apropiado para la inclusión de la nutrición en los sistemas de producción. Este crecimiento acompañó la expansión agrícola, contribuyó al incremento de la producción y permitió mejorar los balances nutricionales. La Figura 7 muestra que el incremento en la producción de granos se relaciona estrechamente con el mayor uso de fertilizantes, aunque no define el impacto directo del uso de fertilizantes en la producción. La participación de la fertilización en el aumento de rendimientos puede ser estimada en el aumento de los rendimientos relativos de los cuatro principales cultivos de grano con respecto a 1993 (base 100%) de casi 1,2% cada 100 mil toneladas de incremento en el consumo de fertilizantes. Esta estimación indicaría que la fertilización habría contribuido entre 40% y 45% al crecimiento en la producción de granos observado en Argentina entre 1993 y 2011.

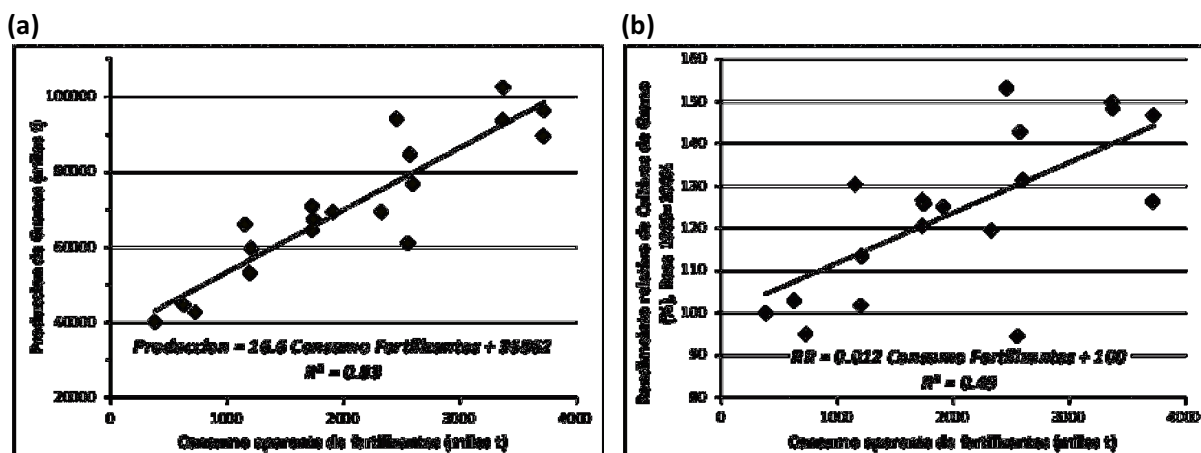


Figura 7. Relación de la producción de granos con el consumo de fertilizantes en Argentina (a) y con el rendimiento relativo de cultivos de grano (Base 1993 = 100%) (b). Periodo 1993-2011 (García y González Sanjuan, 2013).

A pesar del crecimiento en el uso de fertilizantes, si bien la relación de aplicación de nutrientes con respecto a la remoción en la producción de los principales granos se incrementó, fue insuficiente para el mantenimiento de balances aparentes de fertilidad de suelos (Figura 8). En la Figura 9, para el caso de P, valores de remoción/aplicación superiores a 1 muestran balances negativos mientras que los inferiores a 1 indican balances positivos. Para todos los casos, la mayor extracción relativa se observó con anterioridad al 2002 decreciendo en los períodos siguientes. Las estimaciones para cultivos de trigo y de maíz sugieren la ocurrencia de balances aparentes positivos a partir del período 2003/07 y similar comportamiento medio se observó para girasol entre 2008 y 2011. Sin embargo, en soja si bien se describe un comportamiento similar tendiendo a mejorar la relación entre la extracción y los aportes por fertilización al cultivo, los índices de remoción indican la ocurrencia de balances negativos. En parte, este comportamiento se sustenta en la expansión e intensificación productiva en suelos con alta fertilidad natural de P (ej. regiones del NEA y del NOA), además del aprovechamiento parcial de los excedentes relativos del nutriente en secuencias con cereales donde se estimaron balances aparentes positivos de P. Otro aspecto a considerar es que la extracción de P en los granos de soja utilizada para la estimación es de 6,2 kg P por tonelada de grano, y se han observado extracciones menores a este valor en muchas evaluaciones.

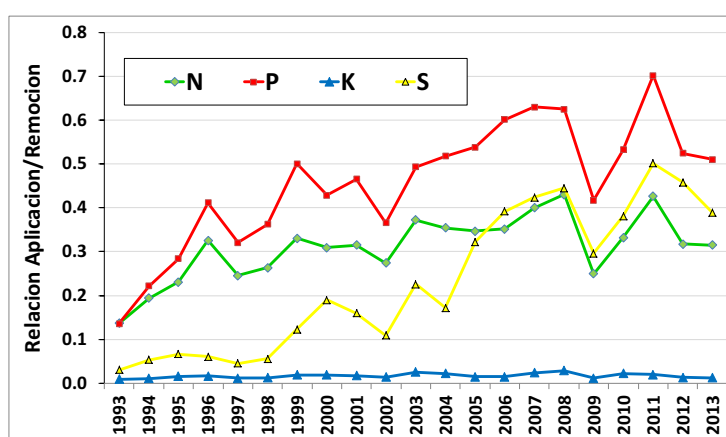


Figura 8. Relaciones Aplicación/Remoción de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) para los cuatro principales cultivos de grano de Argentina (soja, maíz, trigo y girasol) en el periodo 1993-2013. Elaborado a partir de datos de MinAgri y Fertilizar AC.

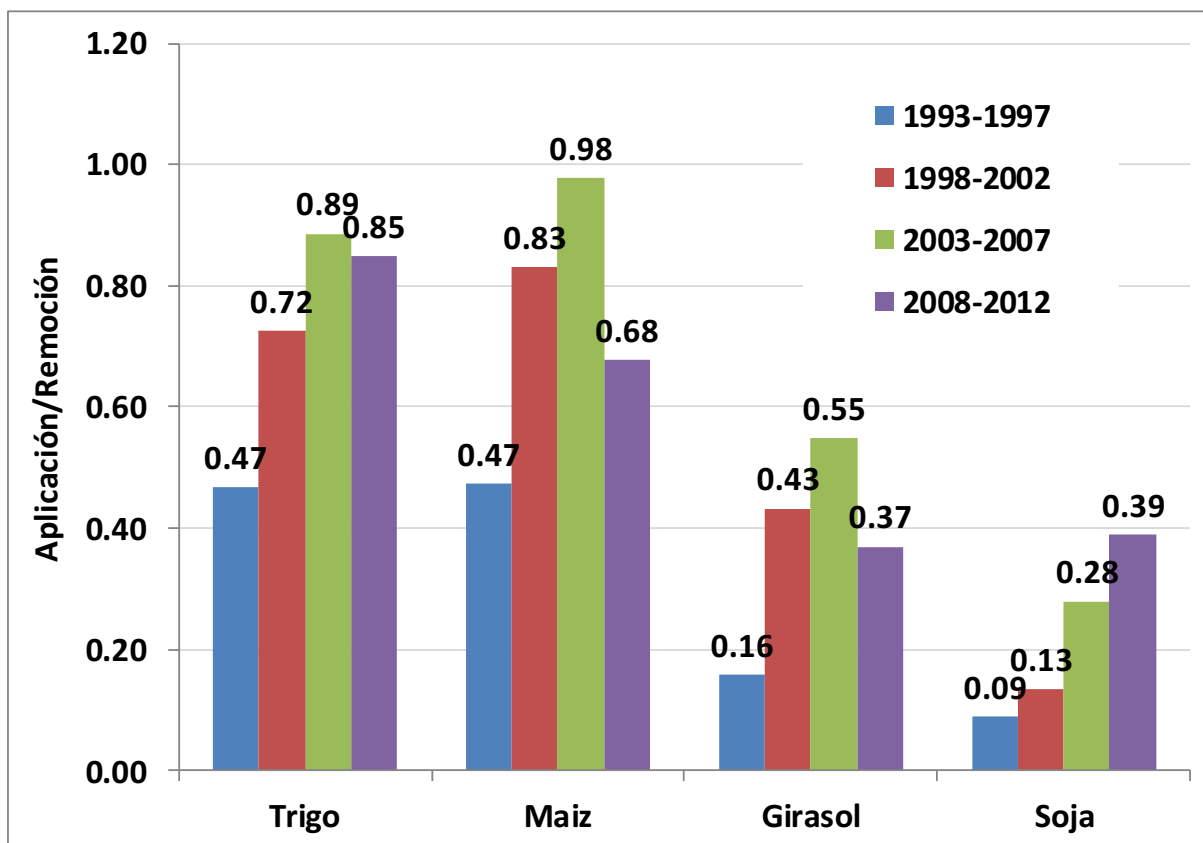


Figura 9. Cambios en la relación entre la remoción y la aplicación de fósforo para la estimación del balance aparente medio del nutriente en cultivos de granos en Argentina entre 1993 y 2012 (Adaptado de García y González Sanjuan, 2013).

Manejo e impacto de la nutrición/fertilización de cultivos en la agricultura extensiva

En el estado actual de los suelos agrícolas argentinos, donde es creciente la ocurrencia de sitios con oferta limitada de nutrientes, en asociación a desbalances entre aportes y extracciones, es imperativo mejorar los diagnósticos de fertilidad y la aplicación de recomendaciones de fertilización. Los análisis de suelos son herramientas fundamentales para avanzar en esta mejora (García y Ciampitti, 2010). En Argentina, el muestreo de suelos para ajustes de fertilización es de baja intensidad de uso (1 muestra cada 250 ha agrícolas) en comparación, por ejemplo, con Brasil donde se estima que la intensidad es de 1 muestra cada 32 ha. Además, un avance en la elaboración de diagnósticos de fertilidad es el uso de muestreos de suelos inteligentes o sectorizados según unidades de manejo y geo-referenciados integrando no solo indicadores de oferta de nutrientes sino también otras propiedades que se relacionan con la producción de los cultivos (ej. profundidad efectiva, presencia de impedimentos al desarrollo de las raíces, etc.). En este sentido, la delimitación de sectores productivos contrastantes a través de la fotointerpretación de imágenes satélites, mapas de rendimiento, sensores remotos y otras herramientas junto a indicadores de fertilidad de suelos y de producción de cultivos, permite mejorar la elaboración de recomendaciones de fertilización.

En el mediano plazo, parte de las mejoras en el manejo de la fertilización se vinculan con el sostenimiento de una alta productividad de cultivos como herramienta para el incremento en los aportes de MO y, a través de esta, mejorar el ciclado de nutrientes y las condiciones de producción. También es relevante el planteo de estrategias integradas de fertilización en secuencias de cultivos aprovechando la residualidad de nutrientes en escenarios de balances positivos de fertilización o incluyendo tratamientos con microorganismos que contribuyan al uso más eficiente de nutrientes. En este marco, son varias las opciones que, a partir de procesos directos (ej. fijación de N atmosférico

en leguminosas) o derivados (ej. promoción del crecimiento de raíces, solubilización de fosfatos, etc.), mejoran los resultados de la aplicación de fertilizantes.

La adopción de mejores prácticas de manejo de nutrientes y fertilizantes siguiendo el Manejo Responsable de los 4Rs o “los cuatro requisitos” (IPNI, 2013) contribuye a una mayor eficiencia y efectividad de uso de los nutrientes disponibles y/o aplicados que se refleja en aspectos productivos, económicos y ambientales. La adopción de la dosis correcta aplicada con la fuente correcta, en el momento correcto y la ubicación correcta permite maximizar la producción y la eficiencia de uso de otros recursos e insumos, mantener y/o mejorar la fertilidad de los suelos y evitar problemas de contaminación de aguas, suelos y aire. Por ejemplo, en la Red de Nutrición CREA-IPNI-ASP en el Sur de Santa Fe, la fertilización balanceada con N, P y S en maíz ha resultado en rendimientos más estables con incrementos del orden del 53 al 241%, y beneficios adicionales de 401 a 870 US\$ha⁻¹ (García et al., 2010; Correndo et al., 2014). En la misma red experimental, la evaluación de propiedades químicas, físicas y biológicas luego de 12 años de experimentación ha mostrado que la fertilización NPS produjo incrementos en la concentración de MO (0-20 cm) y en la actividad y biomasa microbiana (Grümbert et al., 2012), y mejoras en la estabilidad de agregados y disminución de la densidad aparente en algunos sitios.

Consideraciones finales

La agricultura argentina se desarrolló inicialmente basándose en la alta fertilidad natural de los suelos, con bajo uso de fertilizantes y, en el caso de la región pampeana y peri-pampeana, con rotaciones de cultivos anuales y pasturas perennes. El deterioro progresivo de la capacidad de abastecimiento de nutrientes como resultado de pérdidas de MO y de balances negativos de nutrientes con extracciones superiores a las aplicaciones generó deficiencias de N, P y S que, en el marco de una agricultura sustentable, deben ser eliminadas para lograr altos rendimientos. Simultáneamente, la remoción creciente de bases y micronutrientes ha resultado en procesos incipientes de acidificación y de deficiencia de elementos como B y Zn.

Desde la década del '90, a partir de una combinación de factores económicos, comerciales, técnicos, científicos y logísticos, se incrementó el uso de fertilizantes en cultivos extensivos contribuyendo hasta en un 45% al incremento de la producción agrícola. En este contexto, es recomendable la implementación de prácticas de manejo que contemplen mejoras en los diagnósticos de fertilidad de suelos intensificando los análisis de suelos con estrategias de muestreos inteligentes según zonas de manejo, además de la incorporación de ajustes de fertilización según secuencias de cultivos y la introducción de microorganismos que mejoren la eficiencia de captación de los nutrientes aplicados.

La intensificación productiva sustentable debe incluir el manejo de rotaciones, siembra directa, cultivos de cobertura, nutrición de suelo y cultivos, y otras prácticas que permitan preservar la MO y hacer un uso eficiente del agua y otros recursos e insumos. La nutrición de suelos y cultivos debe pensarse integralmente y más allá del cultivo inmediato para proveer de una adecuada fertilidad de los suelos y contribuir a alcanzar los objetivos de sustentabilidad ecológica, económica y social de nuestros sistemas de producción.

Bibliografía

- Alvarez C., H. Steinbach y R. Alvarez. 2012. El rol de los fertilizantes en la agricultura. *En* Alvarez R., Prystupa P., Rodriguez M. B. y Alvarez C. (ed.). Fertilización de Cultivos y Pasturas: Diagnostico y recomendación en la región pampeana. Editorial Facultad de Agronomía. Cap 3: 51-64.
- Carta H., L. Ventimiglia y S. Rillo. 2001. Repuesta al azufre. Cuadernillo Trigo. *Agromercado* 21 (57):21-22. Buenos Aires, Argentina.
- Casas R. 1998. Causas y evidencias de la degradación de los suelos de la región pampeana. In O. Solbrig y L. Vainesman (ed.). *Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa*. Harvard University-CPIA. Buenos Aires, Argentina. P. 99-129.
- Correndo A., M. Boxler y F. Garcia. 2014. Manejo de la fertilización en la región pampeana centro-norte: Resultados económicos en el largo plazo. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 13:21-25. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. <http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/issue/IA-LACS-2014-?OpenDocument&toc=1>

- Correndo A., I. Ciampitti, G. Rubio y F. García. 2012. Dinámica del potasio en molisoles de la región pampeana argentina. Actas XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 16-20 de Abril de 2012, Mar del Plata, Argentina.
- Cruzate G. y R. Casas. 2012. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 6:7-14. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Darwich N. 1983. Niveles de P asimilable en los suelos pampeanos. IDIA N° 409/412, p. 1-5.
- Díaz-Zorita, M. 2012. Soil productivity from the sandy pampas region under the present agricultural conditions. *Agrociencia Uruguay, Special Issue* 84-88.
- Espósito G., G. Balboa, C. Castillo y R. Balboa. 2011. Disponibilidad de zinc y respuesta a la fertilización del maíz en el sur de Córdoba. *En: Simposio Fertilidad 2011: La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción*. F.O. García y A.A. Correndo (Eds.). IPNI-Fertilizar AC. ISBN 978-987-24977-2-9.
- Ferraris G.N. 2011. Micronutrientes en cultivos extensivos. ¿Necesidad actual o tecnología para el futuro? *En: Simposio Fertilidad 2011: La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción*. F.O. García y A.A. Correndo (Eds.). Pp.121-133. IPNI-Fertilizar AC. ISBN 978-987-24977-2-9.
- Ferraris G., F. Salvaggiotti, P. Prystupa y F. Gutiérrez Boem. 2004. Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización. Actas CD XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos. AACCS.
- Fontanetto H., O. Keller, J. Albrecht, D. Giailevra, C. Negro y L. Belotti. 2009. Manejo de la Fertilización de la Soja en la Región Pampeana Norte y en el NOA Argentino. *In F. García e I. Ciampitti (ed.). Simposio Fertilidad 2009: Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos*. IPNI-Fertilizar AC. ISBN 978-987-24977-1-2.
- García F. 2009. Eficiencia de uso de nutrientes y mejores prácticas de manejo para la nutrición de cultivos. *In F. García e I. Ciampitti (ed.). Simposio Fertilidad 2009: Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos*. IPNI-Fertilizar AC. pag. 9-18. ISBN 978-987-24977-1-2.
- García F.; M. Boxler; J. Minteguiaga; R. Pozzi; L. Firpo; I. Ciampitti; A. Correndo; F. Bauschen; A. Berardo y N. Reussi Calvo. 2010. La Red de Nutrición de la Región Crea Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros diez años 200-2009. 2a. ed. AACREA. Buenos Aires, Argentina. ISBN ISBN 978-987-1513-07-9. 64 pag.
- García F. e I. Ciampitti. 2010. Enfoques alternativos para el diagnóstico de fertilidad de suelos: El enfoque "tradicional". Actas CD XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACCS. Rosario (Santa Fe). 31 Mayo-4 Junio 2010.
- García F. y M. F. González Sanjuan. 2013. La nutrición de suelos y cultivos y el balance de nutrientes: ¿Cómo estamos? *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 9:2-7. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. <http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/issue/IA-LACS-2013-9>
- Garre, P.; F. Meyer; L. B. Pederiva; N. Udaquiola y M. Campos. 2012. Mercado Argentino de fertilizantes. *En Del Rio, J. A. (coord.). Mercado de fertilizantes: La argentina y el mundo*, AACREA (Buenos Aires, Arg.), pp. 25-39.
- Grümbert B., C. Conforto, C. Pérez Brandán, A. Rovea, M. Boxler, S. Rodríguez Grastorf, J. Minteguiaga, C. Luna, J. Meriles, y S. Vargas Gil. 2012. La fertilización inorgánica y los hongos micorrízicos en el cultivo de maíz. Actas XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 16-20 de Abril de 2012, Mar del Plata, Argentina.
- IPNI. 2013. 4R de la nutrición de plantas: un manual para mejorar el manejo de la nutrición de plantas. T. W. Bruulsema; Paul E. Fixen; y Gavin D. Sulewski (ed.). Traducción al español. IPNI. Acassuso, Buenos Argentina. ISBN 978-987-24977-5-0.
- Lavado R. y M. Taboada. 2009. The Argentinean Pampas: A key region with a negative nutrient balance and soil degradation needs better nutrient management and conservation programs to sustain its future viability as a world agresource. *Journal of Soil and Water Conservation* 64 (5): 150-153. doi:10.2489/jswc.64.5.150A
- Martínez F. y G. Cordone. 1998. Fertilización azufrada en soja. *Jornadas de Azufre*. UEEA INTA Casilda, Septiembre 1998. Casilda, Santa Fe, Argentina
- Martínez F. y G. Cordone. 2005. Avances en el manejo de la fertilización de cultivos y fertilidad de suelos en el sur de Santa Fe. *Simposio "Fertilidad 2005: Nutrición, Producción y Ambiente"*. Rosario, 27-28 Abril. INPOFOS Cono Sur-Fertilizar A.C. pp. 3-11.
- Michiels C.L. y M. Ruffo. 2012. El zinc limita el rendimiento del maíz en la región pampeana argentina. Actas CD XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires. AACCS-SLCS.
- Pagani A., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rozas. 2009. Respuesta a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en diferentes ambientes en la provincia de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo* 27 (1):21-29.
- Sainz Rozas, H.R.; Echeverría, H.E.; Angelini, H.P. 2011. Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extra pampeana. *Ciencia del Suelo* 29, 29-37.
- Sainz Rozas H., H. Echeverría y H. Angelini. 2012. Fósforo disponible en suelos agrícolas de la región Pampeana y extra pampeana argentina. *RIA, Revista de Investigaciones Agropecuarias* 2012, 38, 33-39.
- Sainz Rozas H., M. Eyherabide, H.E. Echeverría, P. Barbieri, H. Angelini, G.E. Larrea, G.N. Ferraris y M. Barraco. 2013. ¿Cuál es el estado de la fertilidad de los suelos argentinos? *Simposio Fertilidad 2013*. IPNI-Fertilizar AC. Rosario, Santa Fe.
- Sillanpaa M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. *FAO Bulletin* 48. FAO. Roma Italia. Disponible en <http://www.fao.org/soils-portal/resources/soils-bulletins/en/>
- Studdert, G.A.; Echeverría, H.E.; Casanovas, E.M. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a typic argiudoll. *Soil Science Society of America Journal*, 1466-1472.
- Vázquez M. 2011. Causas de la acidificación en el ámbito templado argentino, consecuencias y avances para su diagnóstico. *Simposio Fertilidad 2011*. IPNI-Fertilizar AC. Rosario, Santa Fe.

