

EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN LA AGRICULTURA ARGENTINA

Gustavo Adolfo Cruzate y Roberto Casas
 Instituto de Suelos, CIRN, INTA
 gcruzate@cni.inta.gov.ar; rcasas@cni.inta.gov.ar

Introducción

La evolución de los sistemas productivos en la Argentina registra un cambio hacia una agricultura continua y el desplazamiento de la frontera agrícola hacia zonas tradicionalmente mixtas o ganaderas. Asimismo, se observa el reemplazo de cultivos tradicionales tales como el maíz por otros de mayor atractivo económico como la soja que además posibilita su combinación con el ciclo del trigo de tal forma de obtener dos cosechas en un año (Casas, 2000; Díaz Zorita et al., 2003) (Fig. 1). Por otra parte, en dos décadas hubo un aumento del área sembrada de 15.400.000 ha en 1988/89 a 31.100.000 ha en 2006/07 (Mapas 1 y 2), mientras que la producción en el mismo período se ha triplicado (Fig. 2). Esto produjo una elevada extracción de nutrientes que no fueron repuestos en igual magnitud, generando procesos de degradación y agotamiento que ponen en peligro la sustentabilidad de los sistemas productivos (Casas, 2000; Martínez, 2002).

La Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA) consigna que la aplicación de fertilizantes en 2006 fue de 3.104.502 tn. Asimismo, en 2007/08 se registró un record de 3,7 millones de tn de consumo de fertilizantes en función de la buena relación existente entre el precio de los granos y el de los fertilizantes (Fertilizar, 2008). En 2008 se observó una marcada disminución en el uso de los insumos ya que se aplicaron sólo 2.550.060 tn de fertilizantes (consumo 31% inferior al de 2007; Fertilizar, 2009). El objetivo del presente trabajo es presentar una evaluación areal generando mapas de la extracción de nutrientes de los principales cultivos y un balance aproximado con la reposición por fertilización con la finalidad de advertir cuales serían las zonas de mayor impacto en el deterioro de la sostenibilidad de los recursos.

Materiales y métodos

En base a una búsqueda bibliográfica de trabajos referidos a la extracción de nutrientes en granos, se calcularon las cantidades promedio de nutrientes exportados por los cultivos. Para ello se utilizó información de la campaña agrícola 2006/2007 suministrada por el Sistema Integrado de Información Agropecuaria, Estimaciones Agrícolas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Con los datos correspondientes a la producción de

soja, trigo, maíz, girasol, sorgo y arroz, se calculó la extracción total de nutrientes en los granos por departamento en las provincias productoras, referidas a la superficie total del departamento y a la superficie sembrada.

A partir del mapa de suelos a escala 1:500.000 de la República Argentina (INTA, 1990) se generó un mapa de áreas aptas para agricultura; integrando toda la información se superpusieron con los mapas de extracción de nutrientes (Mapa 2) mediante un Sistema de Información Geográfica para el manejo de los datos de atributos y cartográficos. Para visualizar la susceptibilidad a la degradación por pérdida de nutrientes, se elaboraron mapas por interpolación con la extracción por hectárea en cada departamento. El costo económico debido a la extracción de nutrientes se calculó con los precios de los principales fertilizantes utilizados en la Argentina a partir del valor por unidad de elemento extraído en U\$S por tn para el año 2006 (Revista Agromercado, 2006) y para el año 2008/09 (Revista Agromercado, 2009). Se utilizaron datos de cloruro de potasio (K), fosfato diamónico (P), urea granulada (N), sulfato de amonio (S) y carbonato de calcio (Ca).

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra la tasa de extracción de nutrientes que varía en función del cultivo y del rendimiento alcanzado.

En la República Argentina, la superficie sembrada de los principales cultivos en la campaña 2006/2007 (soja, trigo, maíz, girasol, sorgo y arroz) se distribuye en 15 provincias (Tabla 2 y Mapa 1).

Utilizando la producción, se calculó la cantidad de nu-

Tabla 1. Extracción promedio de nutrientes por los cultivos por tn de grano producido.

Cultivo	N (kg)	P (kg)	K (kg)	Ca (kg)	S (kg)	B (kg)
Soja	48.50	5.40	16.80	2.60	2.80	0.0070
Girasol	21.30	6.00	5.00	1.20	2.00	0.0321
Maíz	13.10	2.64	3.47	0.18	1.22	0.0044
Trigo	18.11	3.52	3.52	0.37	1.51	0.0020
Arroz	15.00	3.00	3.00	0.16	1.00	0.0080
Sorgo	20.00	4.00	4.00	0.90	2.00	0.0020

Fuentes consultadas: Cordone y Martínez, 2003; García 2003; Gudeli et al., 2000; Ventimiglia et al. 1999; Inpofos, 1999; González y Gambaudo, 2003; Ferraris 2001; IFA 1992; Campitti y García, 2009.

trientes exportados para los cultivos más importantes de la región agrícola argentina (Tabla 3). Aproximadamente la mitad del N extraído por la soja es aportado vía fijación biológica. Por lo tanto, para el cálculo del balance, en la tabla de extracción se consideró un aporte del 50% por esta vía de las 2.297.940 tn exportadas en el grano. En base a la información sobre extracción de nutrientes (Tabla 3) y de consumo (Tabla 4), se realizó

el balance de nutrientes para la campaña agrícola 2006/07 (Tabla 5).

Trabajos de Capparelli (2008) y Oliverio y López (2008) indicaron que en la campaña 2006/07 un 88% de los productores trigueros fertilizaron con N y P. También lo hicieron un 75% de los productores maiceros y muchos lotes de girasol (37%) fueron fertilizados con P y algo de N; la soja se fertilizó so-

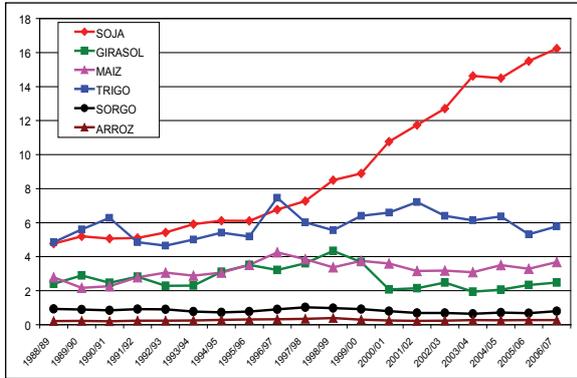


Figura 1. Evolución de la superficie sembrada con los principales cultivos agrícolas en millones de ha (Fuente: Estimaciones agrícolas SAGPyA).

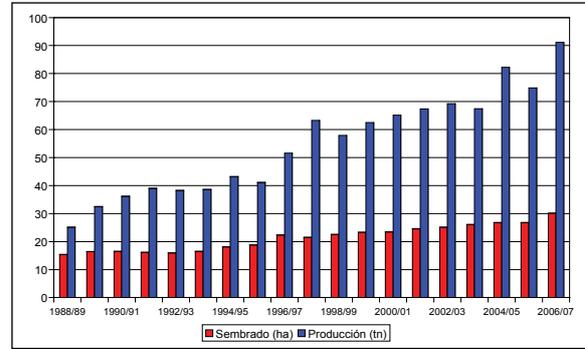
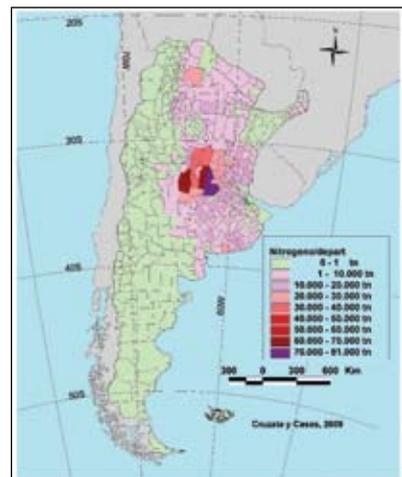
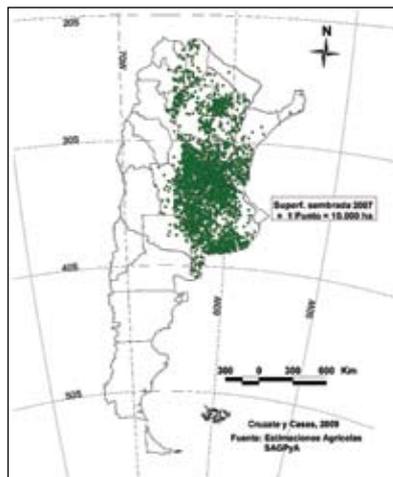
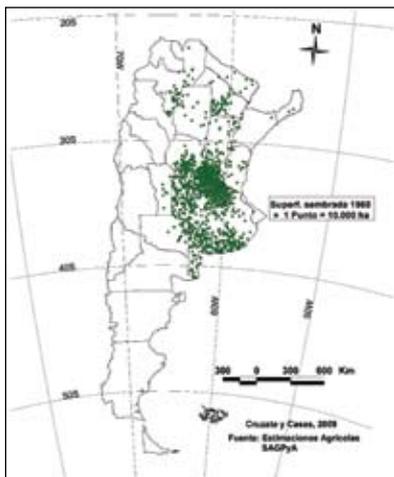


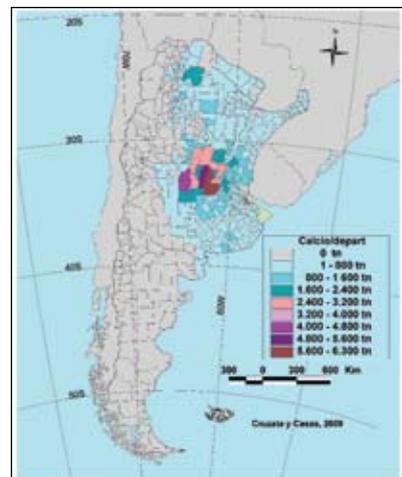
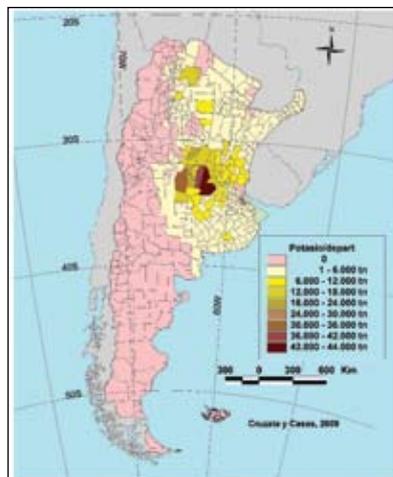
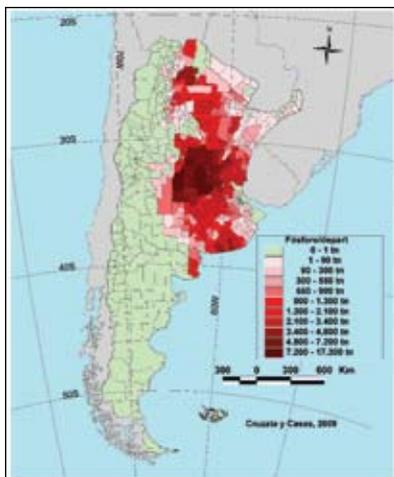
Figura 2. Superficie sembrada y producción de los principales cultivos agrícolas en millones de ha y toneladas, respectivamente (Fuente: Estimaciones agrícolas SAGPyA).



Mapa 1. Distribución de la superficie sembrada en 1988.

Mapa 2. Distribución de la superficie sembrada en 2007.

Mapa 3. Extracción total de nitrógeno en granos por departamento.



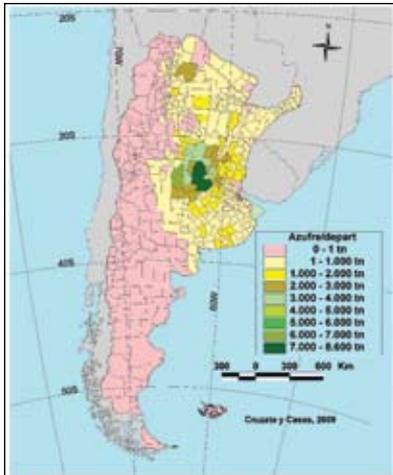
Mapa 4. Extracción total de fósforo en granos por departamento.

Mapa 5. Extracción total de potasio en granos por departamento.

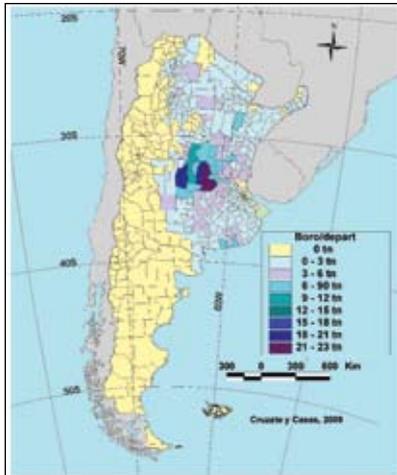
Mapa 6. Extracción total de calcio en granos por departamento.

lamente en un 40% con P. A su vez, se ha empezado a aplicar S en soja, trigo y maíz. Otros nutrientes como K y magnesio se utilizan incipientemente. De todos modos, muy pocos lotes fueron fertilizados bajo criterio de reconstrucción y mantenimiento, práctica que consiste en aplicar la cantidad de nutrientes ne-

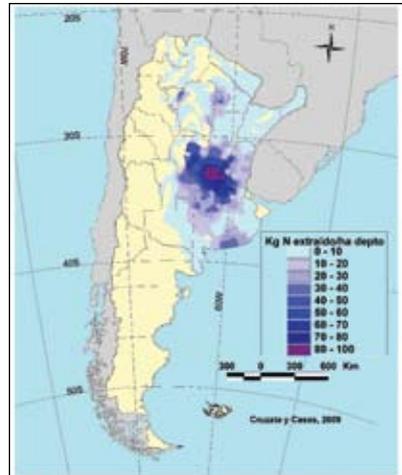
cesaria para llegar al nivel de máximo rendimiento económico y evitando balances negativos. En la Tabla 5 se observa que el porcentaje de reposición de nutrientes totales es de aproximadamente un 34% de lo extraído, con un 41% de reposición de N, 61% de P, 6% de K, 48% de Ca y 35% de S



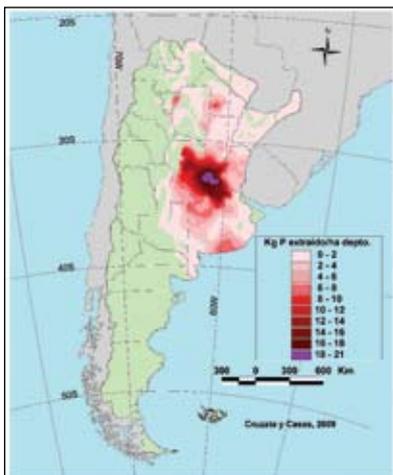
Mapa 7. Extracción total de azufre en granos por departamento.



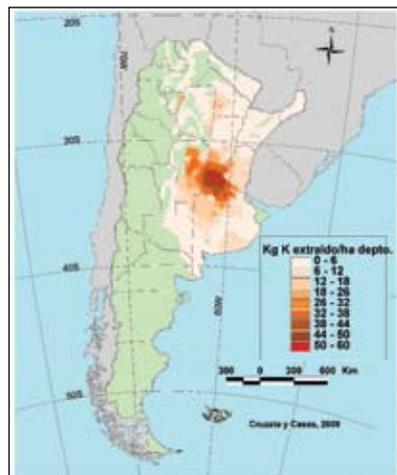
Mapa 8. Extracción total de boro en granos por departamento.



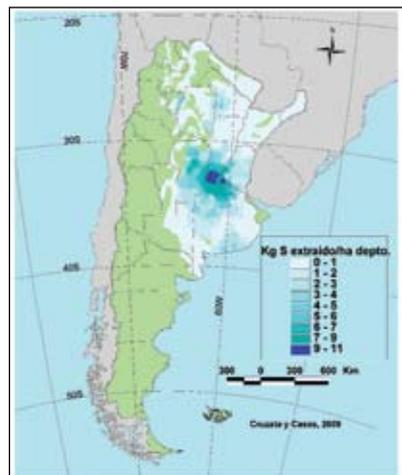
Mapa 9. Extracción de nitrógeno en granos por superficie de cada departamento.



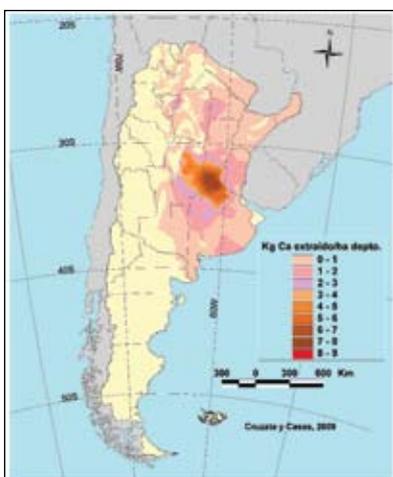
Mapa 10. Extracción de fósforo en granos por superficie de cada departamento



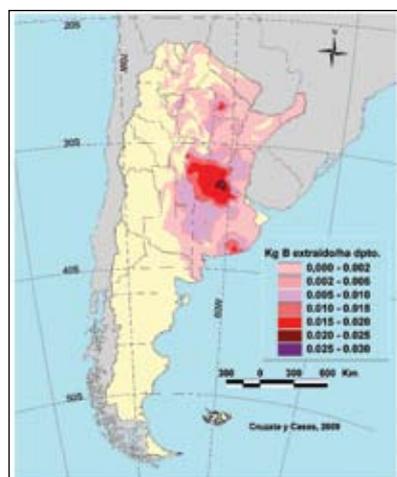
Mapa 11. Extracción de potasio en granos por superficie de cada departamento.



Mapa 12. Extracción de azufre en granos por superficie de cada departamento.



Mapa 13. Extracción de calcio en granos por superficie de cada departamento.



Mapa 14. Extracción de boro en granos por superficie de cada departamento.

causando un empobrecimiento progresivo de los suelos. Estos datos son un poco inferiores a los suministrados por Capparelli (2008) que reporta porcentajes de reposición de 60, 62, 2 y 45% para N, P, K y S, respectivamente. Esta situación ha sido evaluada también por Ciampitti y García (2008) para la campaña 2006/2007, quienes concluyeron que se repuso vía fertilización el 31, 53,1 y 27% del N, P, K y S, respectivamente, extraídos por la producción de los cuatro cultivos principales analizados.

Los datos de la Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes (CIAFA) y de la ONG Fertilizar indican que la cosecha de 2007/2008 extrajo 4.000.000 de tn de nutrientes, mientras que la reposición, a través de los distintos productos (considerando N, P, K y S) fue de 1.700.000 tn. Esto significa que sólo se repuso el 42% de lo que se extrajo de los suelos.

Exportación total de nutrientes en granos por departamento agrícola

En los Mapas 3 a 8, se muestra la extracción total en

Tabla 2. Superficie sembrada de soja, trigo, maíz, girasol, sorgo y arroz en la campaña 2006/07 (Estimaciones Agrícolas SAGPyA)

Provincia	Superficie (ha)
Buenos Aires	10.140.900
Catamarca	75.500
Chaco	1.741.500
Cordoba	7.192.700
Corrientes	118.200
Entre Rios	2.198.700
Formosa	33.300
Jujuy	38.500
La Pampa	1.515.800
Misiones	33.300
Salta	929.200
San Luis	212.500
Santa Fe	5.028.200
Santiago Del Estero	1.339.700
Tucuman	551.300
Total	31.149.300

tn por departamento de N, P, K, S, Ca y B, respectivamente. La mayor extracción de N se observa en los departamentos del sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba. En el caso del P y S, se observa una mayor intensidad de extracción en los departamentos agrícolas de Córdoba y centro sur de Santa Fe. El K, S, Ca y B tienen tasas de extracción total similar a la del N y la mayor extracción se produce en los departamentos de SO y SE de Córdoba, sur de Santa Fe y sur de Buenos Aires. Estas altas tasas de extracción se deben a que los departamentos agrícolas de las provincias de Santa Fe y Córdoba son de mayor superficie que los de la provincia de Buenos Aires.

Exportación de nutrientes por hectárea de cada departamento agrícola

En los Mapas 9 a 14, se muestran las extracciones de cada elemento por unidad de superficie. Las mayores exportaciones de N ocurren en el sur de Santa Fe (de-

Tabla 4. Consumo en tn de fertilizantes por producto en 2006. Datos estimados a partir de información de CIAFA (2009).

Producto	Consumo (tn)
Cloruro de Potasio	42.252
Fosfato Diamónico	389.165
Fosfato Monoamónico	424.904
Mezclas NPK	164.169
Nitrato de Amonio	60.057
CAN	60.401
Nitrato de Potasio	19.608
Nitrato de Sodio	62.388
Superfosfato Simple	259.322
Sulfato de Amonio	61.190
Sulfato de Potasio	12.648
Sulfonitrato de Amonio	27.754
Sulfato Doble de Potasio y Magnesio	1.108
Tiosulfato de Amonio	56.607
Superfosfato Triple	147.926
UAN (Con su contenido de Sólidos)	424.599
Urea	890.408
TOTAL	3.104.507

Tabla 3. Extracción de nutrientes correspondiente a los principales cultivos durante el ciclo agrícola 2006/2007.

Cultivo	Producción	N	P	K	Ca	S	B
		tn					
Soja	47.380.222	1.148.970,39	255.853,20	795.987,73	123.188,58	132.664,62	331,66
Girasol	3.497.733	74.501,71	20.986,40	17.488,67	4.197,28	6.995,47	112,28
Maíz	21.507.508	281.748,36	56.779,82	74.631,05	3.871,35	26.239,16	94,63
Trigo	14.543.560	263.383,87	51.193,33	51.193,33	5.381,12	21.960,78	29,09
Arroz	1.080.071	16.201,07	3.240,21	3.240,21	172,81	1.080,07	8,64
Sorgo	2.779.965	55.599,30	11.119,86	11.119,86	2.501,97	5.559,93	5,56
TOTAL	90.789.059	1.840.404,68	399.172,82	953.660,85	139.313,11	194.500,03	581,86

partamentos de Rosario, Belgrano, Iriondo y Caseros) y en el departamento de Marcos Juárez en Córdoba con valores que rondan los 95 a 81 kg/ha (Mapa 9). Alrededor de estos departamentos se concentra una zona sobre el centro y sur de Santa Fe, oeste de Córdoba y norte de Buenos Aires con valores de extracción superiores a los 40 kg/ha de N.

El mapa 10 muestra los valores de P exportado en los granos, en kg/ha. Los departamentos con valores mayores son los mismos indicados para el N, correspondientes al sur de Santa Fe y oeste de Córdoba, con valores superiores a los 18 kg/ha.

Las mayores exportaciones de K, con valores entre los 47 y 59 kg/ha, se presentan en los departamentos de Rosario, Iriondo, Caseros Belgrano y San Lorenzo, en el sur de Santa Fe (Mapa 11). El mapa 12 muestra los kg/ha de S exportado en los granos. Los mayores valores se presentan en los departamentos de Rosario, Iriondo, Belgrano y Caseros del sur de Santa Fe y Marcos Juárez en la provincia de Córdoba, con valores cercanos a los 10 kg/ha. Las mayores exportaciones de Ca se presentan en los departamentos de Rosario, Iriondo, Caseros, Belgrano y San Lorenzo en el sur de la provincia de Santa Fe con valores que rondan entre 7 y 9 kg/ha (Mapa 13). El mapa 14 muestra las exportaciones de B en kg/ha, con valores que superan los 0,020 kg/ha en el sur de Santa Fe y oeste de Córdoba (Rosario, Belgrano, Iriondo, Marcos Juárez y Caseros).

Conclusiones

Los datos confirman un balance de nutrientes negativo en la agricultura argentina. En la campaña 2006/07 se extrajeron 3.527 millones de tn de N, P, K y S, siendo la reposición de 1.207 millones de tn que representa un 34.2 por ciento. La situación descripta indica la existencia de sistemas productivos que no son sustentables, situación que de no modificarse, limitará el crecimiento de la producción agrícola nacional afectando negativamente los niveles de fertilidad e incrementado los procesos de degradación de suelos. Las áreas de mayor extracción de nutrientes están centralizadas en el sur de la provincia de Santa Fe, principalmente en los departamentos de Rosario, Belgrano, Iriondo y Caseros y en la provincia de Córdoba en el departamento de Marcos Juárez.

En términos generales, el balance negativo de nutrientes del suelo se debe a las bajas tasas de reposición, lo cual determina un creciente empobrecimiento en N, P, K, S, Ca y B. Se debe considerar que además de los nutrientes estudiados en el presente trabajo, los cultivos necesitan otros elementos suministrados por el suelo que también son exportados en los granos en distintas cantidades. Por otra parte, el germoplasma y las tecnologías empleadas en la agricultura moderna de alta producción incrementan continuamente los rendimientos de los cultivos y, con ello, la tasa de extracción de nutrientes del suelo.

Si se analiza el balance de los nutrientes estudiado en la campaña agrícola 2006/07 desde el punto de vista económico, se observa que se han exportado alrededor de 2.32 millones de tn de elementos en el grano, lo que representa 1.788,37 millones de dólares a precios de 2006 y 3.309,65 millones de dólares a precios de 2009.

En este contexto, la fertilización balanceada constituye una de las bases de la producción sustentable, al evitar que la extracción continua de nutrientes produzca el agotamiento de los suelos. El diagnóstico de fertilidad se debe basar en el conocimiento de la demanda nutricional del cultivo (rendimiento objetivo) y de la oferta nutricional del suelo, para lo cual el análisis de suelo, la evaluación de su condición de "salud" y las buenas prácticas de manejo constituyen herramientas indispensables para planteos agrícolas sustentables. Se debe considerar que el mantenimiento de niveles de producción elevados no se logra solamente con el aporte de nutrientes a través de una fertilización balanceada. Esta tecnología, si bien de fundamental importancia, debe complementarse con aplicación de buenas prácticas de manejo tales como la rotación de cultivos, la siembra directa, la incorporación de cultivos de cobertura, el manejo integrado de plagas y enfermedades, y la agricultura por ambientes, entre otras, de manera de contribuir a preservar y mejorar la calidad del recurso suelo, base sobre la cual se sustenta la economía del país.

Bibliografía

- Capparelli C. E.** 2008. Extracción de nutrientes. CIAFA, Agosto de 2008. www.ciafa.org.ar.
- Casas R. A.** 2000. La Conservación de los Suelos y la Sustentabilidad de los Sistemas Agrícolas. Disertación acto

Tabla 5. Balance de nutrientes (extracción por cultivos vs. reposición por fertilización), campaña 2006/07.

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Azufre	TOTAL
Extraído (tn)	1.840.405	399.173	953.661	139.313	194.500	3.527.051
Fertilizado (tn)	766.957	242.765	61.240	66.928	69.022	1.206.912
Déficit (tn)	1.073.447	156.407	892.421	72.385	125.477	2.320.139
% Aportado	41,67	60,82	6,42	48,04	35,49	34,20
Precios 06 U\$S/tn	707	1.931	632	166	1.208	TOTAL U\$S
Pérdida U\$S	758.412.254	301.975.146	564.375.718	11.994.933	151.618.759	1.788.376.811
Precios 09 U\$S/tn	1.065	3.960.	1.482	1.000	1.208	TOTAL U\$S
Pérdida U\$S	1.143.457.938	619.436.198	1.322.754.752	72.385.090	151.618.759	3.309.652.737

entrega premio Antonio Prego. www.insuelos.org.ar

CIAFA – CASAFE. 2009. "Preocupa el impacto de la caída del uso de fertilizantes". Bs.As. JUN/2009. Fertilizando.com; Elsitioagricola.com. Consultado 2009.

CIAFA. 2009. Consumo de fertilizantes 2006, 2007, 2008 <http://www.ciafa.org.ar/mercado.htm>. Consultado 2009.

Ciampitti I.A. y F.O. García. 2009. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. Cereales, Oleaginosos e Industriales. Archivo Agronómico Nro. 11 IPNI. www.ipni.net. Consultado 2009.

Ciampitti I.A. y F.O. García. 2008. Citado por M. García, 2009 en Producción de granos y consumo de fertilizantes. http://www.sagpya.mecon.gov.ar/SAGPyA/agricultura/agua_y_suelos/05-fertilizantes/panorama.pdf

Cordone G. y F. Martínez. 2003. El azufre en el sistema productivo agrícola del centro sur de santa fe. www.elsitioagricola.com

Cruzate G. 2009. Mapas de extracción total de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y boro por Departamento. Instituto de Suelos del CIRN - INTA.

Díaz Zorita M., F. García y R. Melgar. 2003. Fertilización en soja y trigo-soja: respuesta a la fertilización en la Región Pampeana. Resultados de la red de ensayos del Proyecto Fertilizar – INTA. Campaña 2000/2001 y 2001/2002. www.fertilizar.org.ar.

Ferraris G.N. 2001. Nutrición. La cosecha que se lleva el carretón del lote. Proyecto Fertilizar. INTA. Revista Fertilizar Año 6 Nro. 24.

Fertilizando. 2009. Fuerte caída del consumo de fertilizantes en 2008. http://www.fertilizando.com/novedades/20090331_menor_fertilizacion.asp

Fertilizar. 2008. Mercado de fertilizantes 2007. <http://www.fertilizar.org.ar/estadisticas.php>

Fertilizar. 2009. Fuerte caída del consumo de fertilizantes en 2008. http://www.fertilizar.org.ar/vertext.php?id_nota=590

García F. 2003. Balance y manejo de nutrientes en rotaciones agrícolas. En Trigo-Actualización 2003. INTA.

González B. y S. Gambaudo. 2003. Encalado en Soja – Experiencias en restitución de calcio, magnesio y azufre. Proyecto Fertilizar. INTA. www.fertilizar.org.ar

Gudelj V., P. Vallone, C. Galarza y O. Gudelj. 2000. Evaluación de la fertilización con azufre, boro y zinc en el cultivo de trigo implantado en labranza mínima y siembra directa. Hoja Informativa Nro 338 EEA Marcos Juárez INTA.

IFA. 1992. World fertilizer user manual. International Fertilizer Industry Association. Paris, France.

INPOFOS. 1999. Requerimientos nutricionales de los cultivos. Archivo Agronómico Nro 3.

INTA. 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina E 1:500.000 y 1:1000.000. SAGyP, INTA CIRN.-Proyecto PNUD ARG 85/019

Martínez F. 2002. La soja en la Región Pampeana. IDIA Año II Nro 3.

Oliverio G. y G. López. 2008. "Fertilizantes para la próxima década" 2008. XVII Seminario anual Fundación Producir Conservando. Setiembre de 2008.

Revista Agromercado. 2007. Año 26 Nro 260. Diciembre 2006.

Revista Agromercado. 2009. Año 28 Nro 288. Abril 2009.

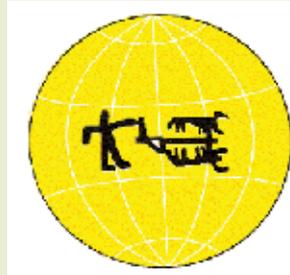
Ventimiglia L.A., H.G. Carta y S.N. Rillo. 1999. Exportación de nutrientes en campos agrícolas. <http://www.elsitioagricola.com> ■

XIX CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ISTRO 19TH INTERNATIONAL SOIL AND TILLAGE RESEARCH CONFERENCE

Entre el 15 y 19 de junio del corriente año se realizó la XVIII Conferencia Internacional de la International Soil and Tillage Research Organization (ISTRO) en Izmir, Turquía. Esta organización fue fundada en Suecia en 1955 y desde 1976 realiza una conferencia internacional cada 3 años rotando el país sede. La próxima Conferencia será en Uruguay, en el 2012, definición que se tomó en la Conferencia de Alemania 2006.

La ISTRO es una organización sin fines de lucro que agrupa investigadores de todo el mundo relacionados al estudio de los cambios físicos, químicos y biológicos producidos en el suelo por el laboreo (incluyendo no laboreo). ISTRO es dirigida por un Consejo, cuyos integrantes son elegidos por votación

dentro de una lista de candidatos propuestos a tales efectos. Dentro de sus áreas de interés incluye el efecto del tráfico, riego, drenaje, rotación de cultivos, y fertilización sobre el ciclo del carbono, la emisión de gases causantes del efecto invernadero, la erosión y la calidad del ambiente en general. En los últimos años se ha incorporado el estudio de la relación entre la calidad del suelo y la implantación, crecimiento aéreo y radicular de los cultivos y rendimiento en grano de los cultivos, así como el efecto de la rotación de cultivos y laboreo del suelo sobre el enmalezamiento, la sanidad y las plagas. La ingeniería agronómica y desarrollo de equipos y mecanización para distintos sistemas de producción también son áreas de interés.



La organización tiene una revista científica, Soil and Tillage Research, editada por Elsevier. Más detalles pueden consultarse en www.istro.org

En la última reunión del Consejo de la ISTRO, realizada el 19 junio del 2009, se definió que la próxima conferencia a realizarse en Uruguay tenga lugar en Septiembre del 2012. La fecha final y el lugar serán definidos en la próxima reunión del Consejo, a realizarse en la primera quincena de Julio del 2010 en Montevideo.

La Conferencia será co-organizada por la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República Oriental del Uruguay, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), la Sociedad Uruguaya de Ciencia del Suelo (SUCS) y la rama Uruguay de la ISTRO conjuntamente con la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires y la Asociación Argentina de Ciencia del Suelo (AACS). Auspician el evento la Asociación Uruguaya Pro-Siembra Directa (AUSID), la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) y el Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI). Detalles sobre la organización, programa y actividades podrán consultarse ingresando en www.eemac.edu.uy

Ing. Agr. Oswaldo Ernst
Presidente de la ISTRO 2009-2012
Facultad de Agronomía (UdelaR)
Paysandú - Uruguay
oernst@fagro.edu.uy