

Extracción de Nutrientes en la Agricultura Argentina

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

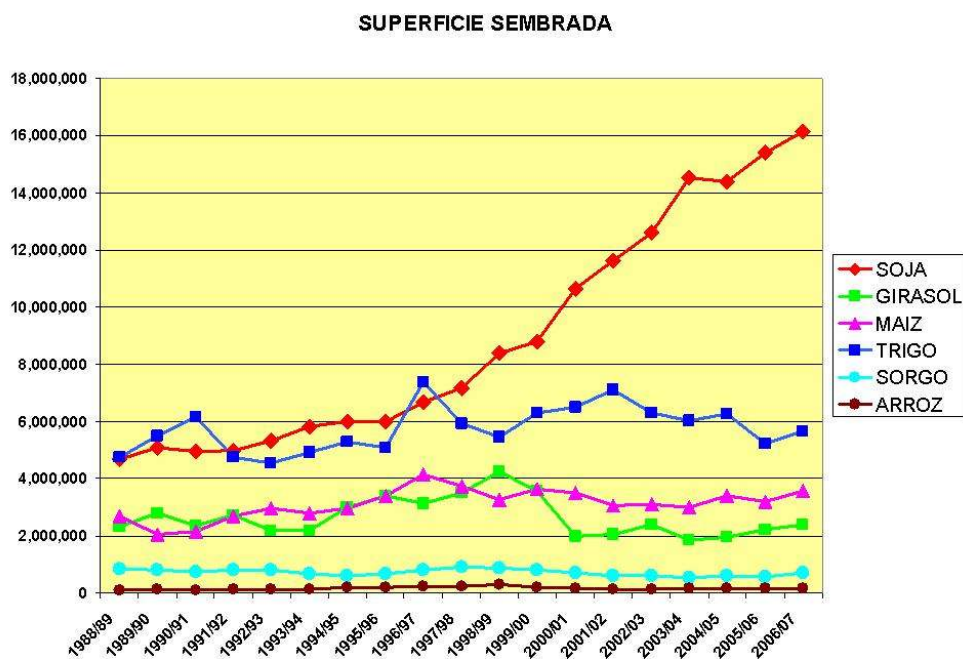


Figura 1. Evolución de la superficie sembrada de principales cultivos agrícolas. (Fuente: Estimaciones agrícolas SAGPyA).

Publicado en Informaciones Agronómicas del Cono Sur # 44 pp 21-26 IPNI Diciembre 2009.

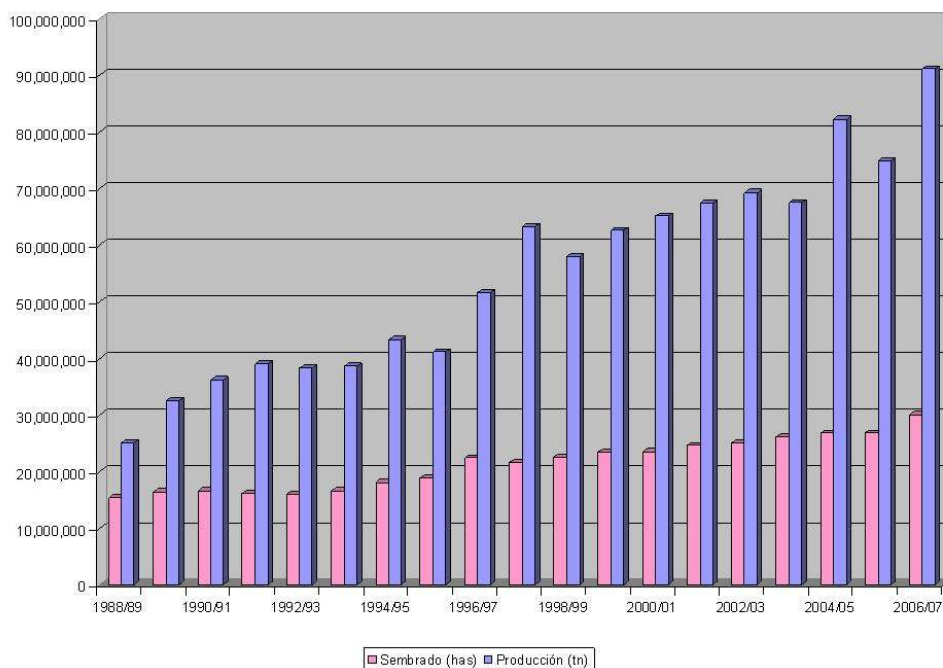


Figura 2. Superficie sembrada y producción de los principales cultivos agrícolas (Fuente: Estimaciones agrícolas SAGPyA).

La Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA) consigna que la aplicación de fertilizantes en 2006 fue de 3.104.502 toneladas. Asimismo, en 2007/08 se registró un record de 3,7 millones de toneladas 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 observa una marcada disminución en el uso de los insumos ya que se aplicaron sólo 2.550.060 toneladas de fertilizantes (consumo 31% inferior al de 2007) (Fertilizar, 2009).

El objetivo del presente trabajo es presentar una evaluación areal generando mapas de la exportación 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 exportación total de nutrientes en los granos por departamento en las provincias productoras, referidos 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 e 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 de los elementos estudiados a partir de la magnitud de la extracción por hectárea en cada departamento.

El costo económico debido a la exportación de nutrientes, se calculó con precios de los principales fertilizantes utilizados en la Argentina a partir del valor por unidad de elemento extraído en U\$S por tonelada 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 consigna la tasa de extracción de nutrientes que varía en función del cultivo realizado y del rendimiento alcanzado.

Tabla 1. Extracción promedio de nutrientes por los cultivos por tonelada 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; Gudelj et al., 2000; Ventimiglia, et al. 1999; Inpofos, 1999; González y Gambaudo, 2003; Ferraris, 2001; IFA, 1992; Campitti y García, 2009.

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).

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

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

Fuente: Estimaciones Agrícolas SAGPyA

Utilizando la producción, se calculó para los cultivos más importantes de la región agrícola argentina, la cantidad de nutrientes exportados que se muestra en la Tabla 3.

Aproximadamente la mitad del N extraído por la soja es aportado vía fijación biológica por lo que para el cálculo del balance, en la tabla de extracción sólo se consideró un 50% de las 2.297.940 ton exportadas en el grano.

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

Cultivo	Producción (ton)	N (ton)	P (ton)	K (ton)	Ca (ton)	S (ton)	B (ton)
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

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).

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

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

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Azufre	TOTAL
Extraído (ton)	1.840.405	399.173	953.661	139.313	194.500	3.527.051
Fertilizado (ton)	766.957	242.765	61.240	66.928	69.022	1.206.912
Déficit (ton)	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/ton	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/ton	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

Trabajos de Capparelli (2008) y Oliverio y López (2008) indican que en la campaña 2006/07 un 88% de los productores trigueros fertilizaron con N y P. También lo hicieron un 75% de los maiceros y muchos lotes de girasol (37%) fueron fertilizados con P y algo de N; sólo se fertilizó en un 40% con P en la soja. A su vez, en soja, trigo y maíz ha comenzado a utilizarse S. Otros nutrientes como K, S 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 necesaria para llegar al nivel de máximo rendimiento económico y evitando balances negativos.

En 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 determinando que los suelos se vayan empobreciendo progresivamente. Estos datos son un poco inferiores a los suministrados por Capparelli (2008) que reporta 60%, 62%, 2% y 45% para N, P, K y S respectivamente. Este estado de situación ha sido evaluado también por Ciampitti y García (2008) para la campaña 2006/2007, concluyen que se repuso vía fertilización el 31%, 53%, 1% y 27% del N, P, K y S 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 en referencia a los nutrientes, la cosecha de 2007/2008 extrajo 4.000.000 de toneladas de nutrientes, mientras que la reposición, a través de los distintos productos (considerando N, P, K y S), fue de 1.700.000 toneladas. Esto significa que, sólo se repuso el 42% de lo que se extrajo de los suelos.

Exportación Total de nutrientes en granos por Departamento

En los Mapas 3 a 8, se muestra la exportación total en toneladas 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 del S se observa una mayor intensidad de exportación 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 exportación 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 están ligadas 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

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 (departamentos de Rosario, Belgrano, Iriondo y Caseros) y el departamento de Marcos Juárez en Córdoba con valores que rondan los 95 a 81 kg de N por hectárea (Mapa 9). A partir 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 de N por hectárea.

El mapa 10 muestra los valores de kilogramos del elemento P exportado en los granos, por hectárea. 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 de P por hectárea.

Los mayores valores de exportación de K se presentan en los departamentos de Rosario, Iriondo, Caseros Belgrano y San Lorenzo, en el sur de Santa Fe, con valores entre los 47 y 59 kilogramos de K por hectárea (Mapa 11).

El mapa 12 muestra los valores de kilogramos del elemento S exportado en los granos, por hectárea. 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 kilogramos de S por hectárea.

Los mayores valores de exportación 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 de Ca por hectárea (Mapa 13).

El mapa 14 muestra los valores de kilogramos del elemento B exportado en los granos, por hectárea. Los mayores valores se presentan en el sur de Santa Fe y oeste de Córdoba (Rosario, Belgrano, Iriondo, Marcos Juárez y Caseros) con valores superiores a los 0,020 kg de B por hectárea

Conclusiones

Los datos confirman un balance de nutrientes negativo en la agricultura argentina. En la campaña 2006/07 se extrajeron 3,527 millones de toneladas de N, P, K y S, siendo la reposición de 1.207 millones de toneladas lo que representa un 34,2 por ciento. La situación descrita 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 existe un balance negativo de los nutrientes del suelo debido 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.

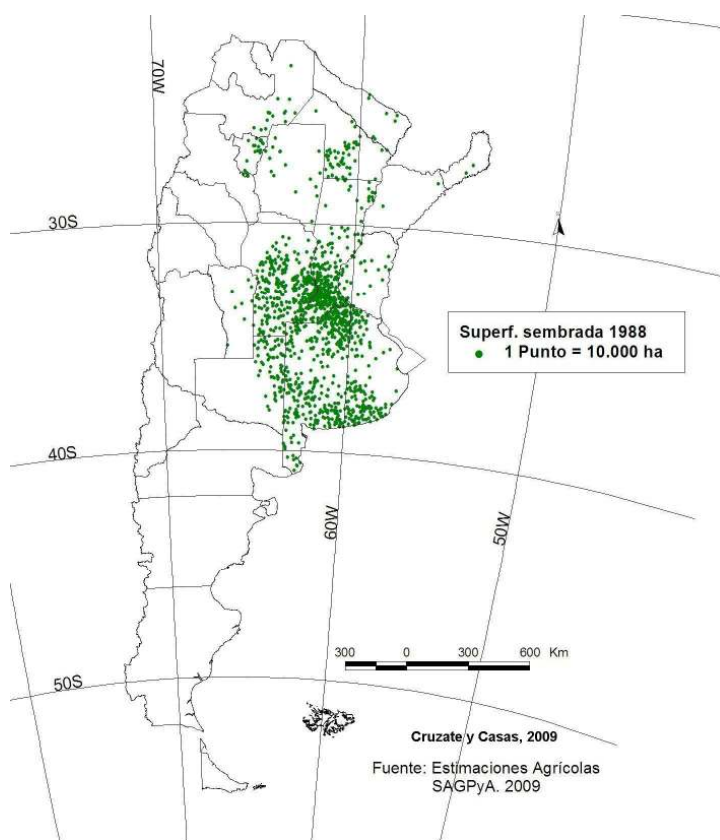
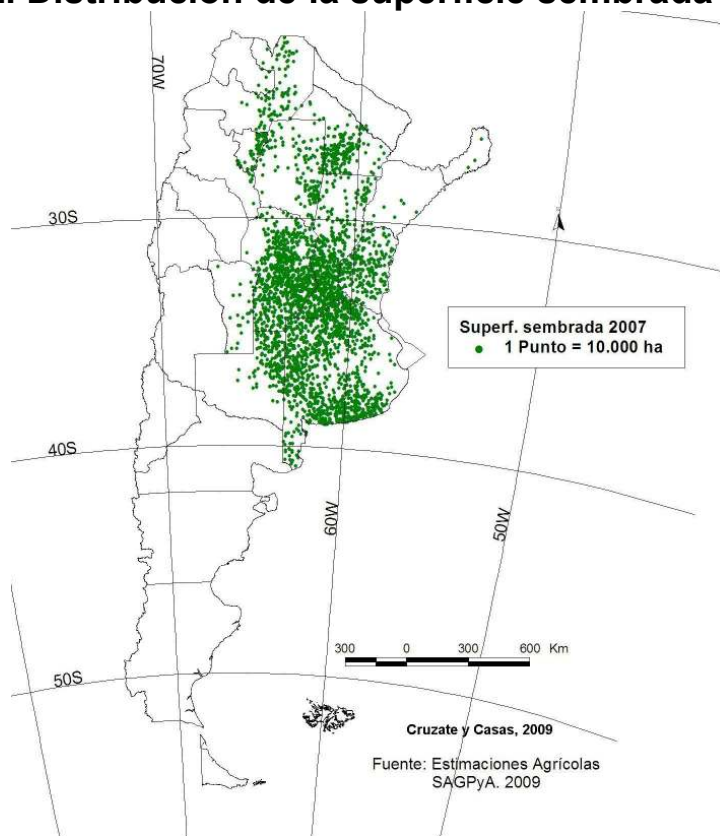
Si se analiza el balance de los nutrientes estudiado en la campaña agrícola 2006/07 desde el punto de vista económico, se observa que se han exportado alrededor de 2,32 millones de toneladas de elementos en el grano, lo que representa 1.788,37 millones de dólares a precios de 2006 y 3.309,65 millones de dólares a precios de 2009.

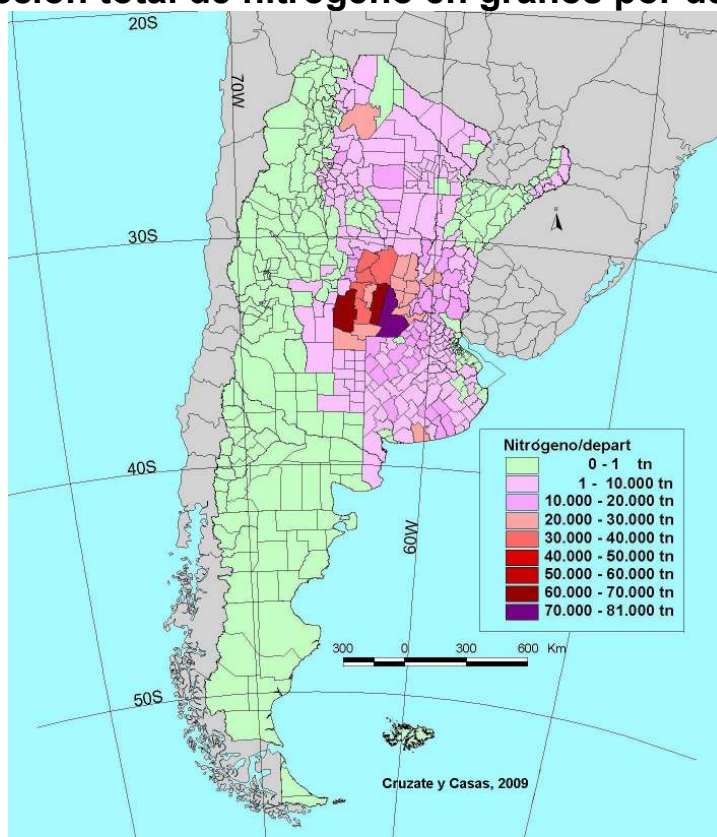
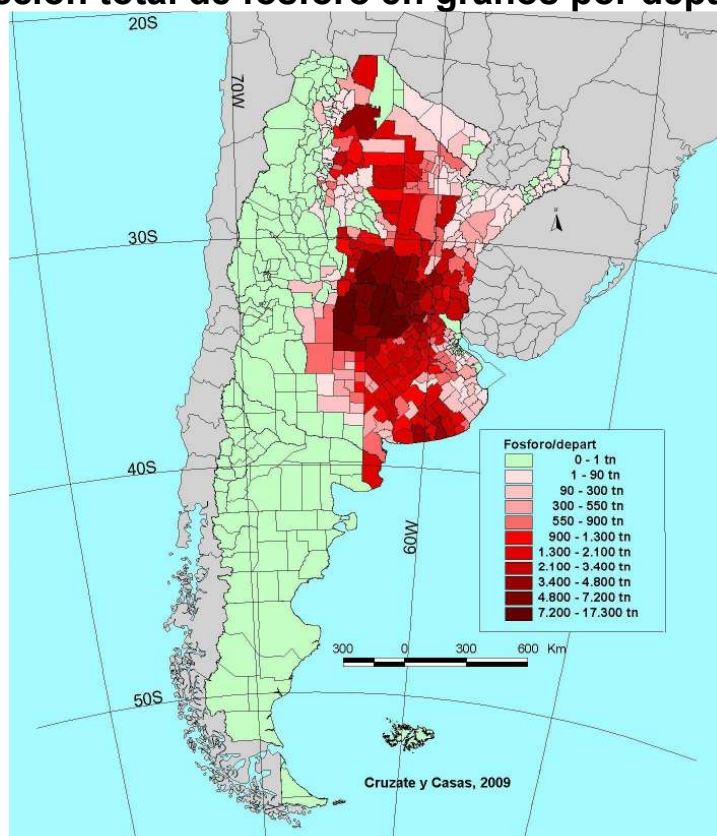
En este contexto, la fertilización balanceada constituye una de las bases de la producción sustentable, al evitar que la exportación continua de nutrientes, produzca el agotamiento de los suelos. El diagnóstico de fertilidad se debe basar en el conocimiento de la demanda nutricional del cultivo (rendimiento 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

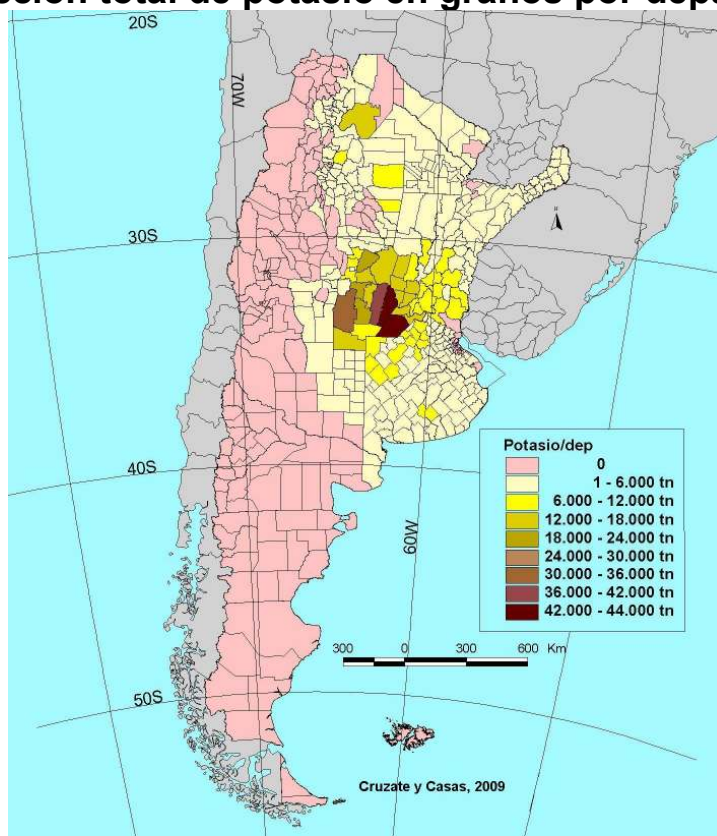
- Capparelli, C.E. 2008. Extracción de nutrientes.ppt. CIAFA, Agosto de 2008. www.ciafa.org.ar.
- Casas R. A. 2000 La Conservación de los Suelos y la Sustentabilidad de los Sistemas Agrícolas. Disertación acto entrega premio Antonio Prego. www.insuelos.org.ar.

- CIAFA – CASAFE..2009. "Preocupa el impacto de la caída del uso de fertilizantes". Bs.As. JUN/2009. Fertilizando.com; Elsitioagricola.com.consultadas 2009.
- CIAFA 2009 Consumo de fertilizantes 2006, 2007, 2008 <http://www.ciafa.org.ar/mercado.htm>. Consultado en 2009.
- Ciampitti, I.A. y F.O. García 2009. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, Oleaginosos e Industriales. Archivo Agronómico # 11 IPNI. www.ipni.net consultada 2009.
- Ciampitti y 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 Martínez, F 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, García, F y Melgar, R. 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_notas=590
- García, F. 2003. Balance y manejo de nutrientes en rotaciones agrícolas. En Trigo-Actualización 2003. INTA.
- González, B. y Gambaudo, S. 2003. Encalado en Soja – Experiencias en restitución de Calcio magnesio y azufre. Proyecto Fertilizar. INTA. www.fertilizar.org.ar
- Gudelj, V. Vallone, P, Galarza C y Gudelj, O. 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. "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., Carta, H.G. Rillo S.N.. 1999. Exportación de Nutrientes en campos agrícolas [.http://www.elsitioagricola.com](http://www.elsitioagricola.com)

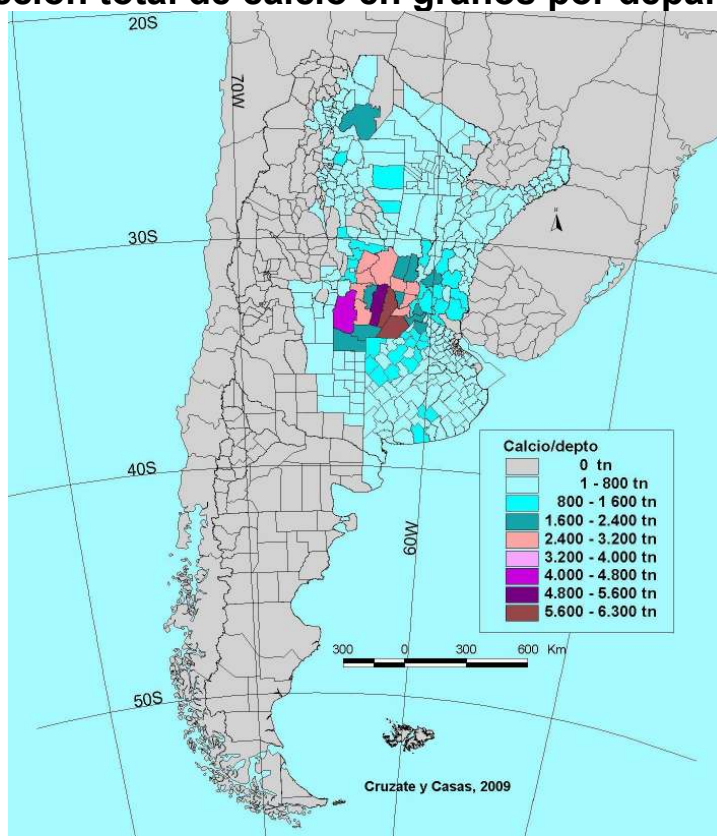
Mapa 1. Distribución de la superficie sembrada en 1988**Mapa 2. Distribución de la superficie sembrada en 2007**

Mapa 3. Extracción total de nitrógeno en granos por departamento.**Mapa 4. Extracción total de fósforo en granos por departamento.**

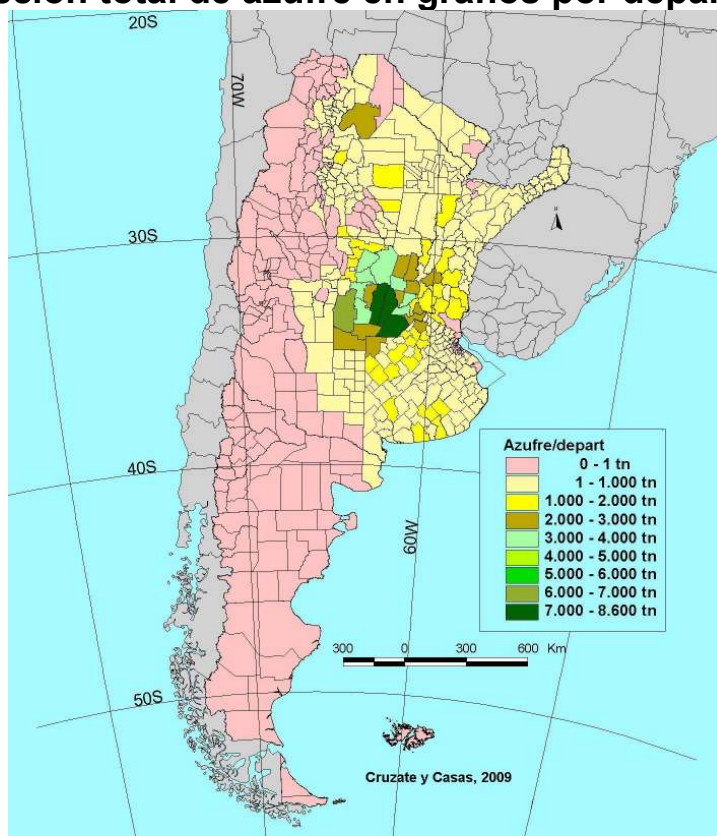
Mapa 5. Extracción total de potasio en granos por departamento.



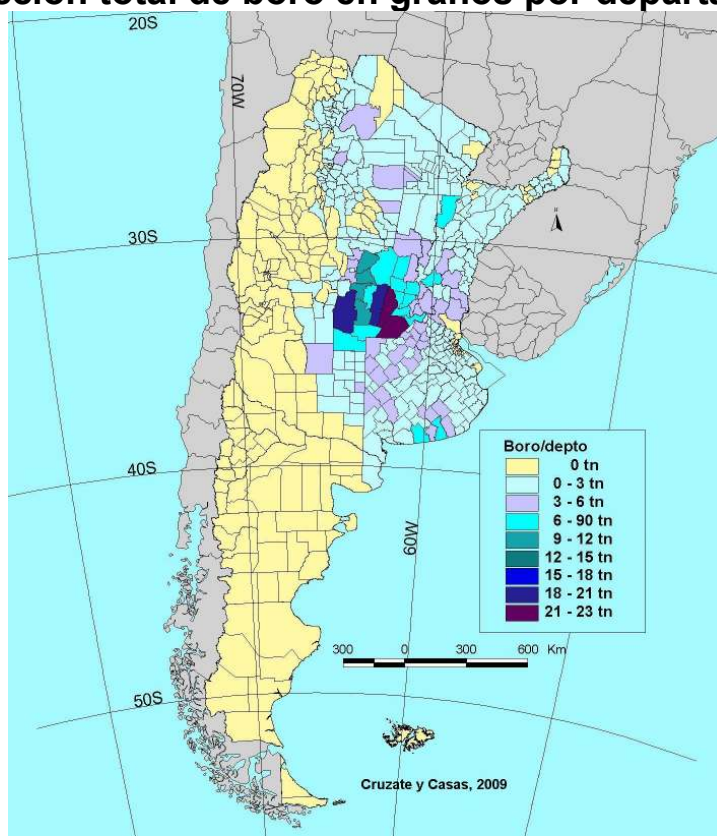
Mapa 6. Extracción total de calcio en granos por departamento.



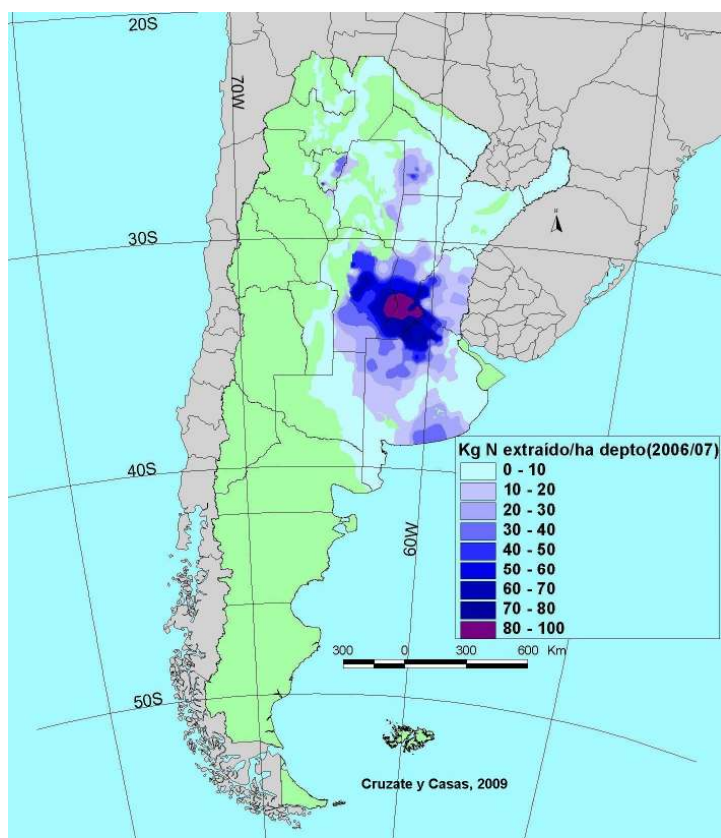
Mapa 7. Extracción total de azufre en granos por departamento.



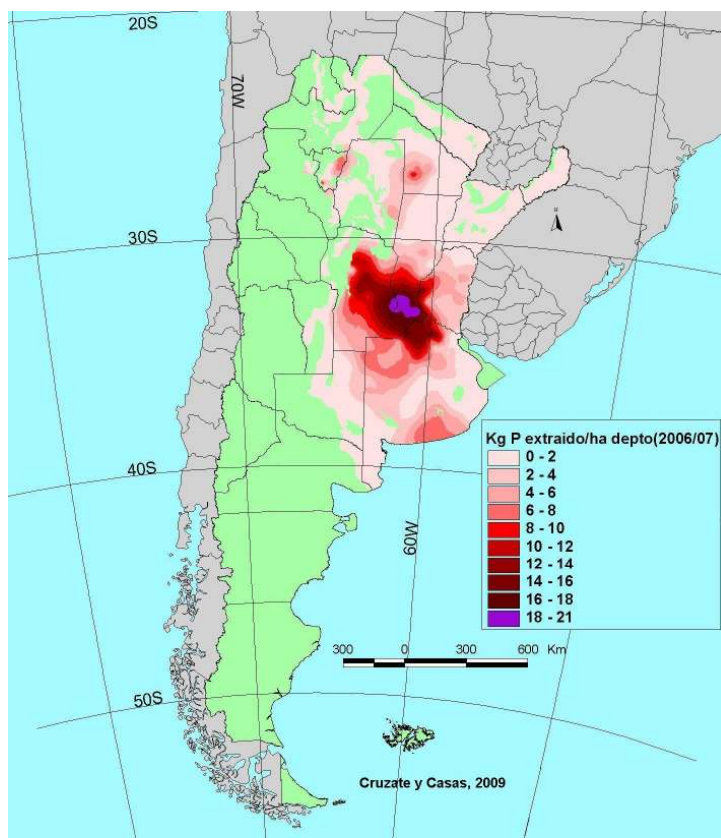
Mapa 8. Extracción total de boro en granos por departamento.



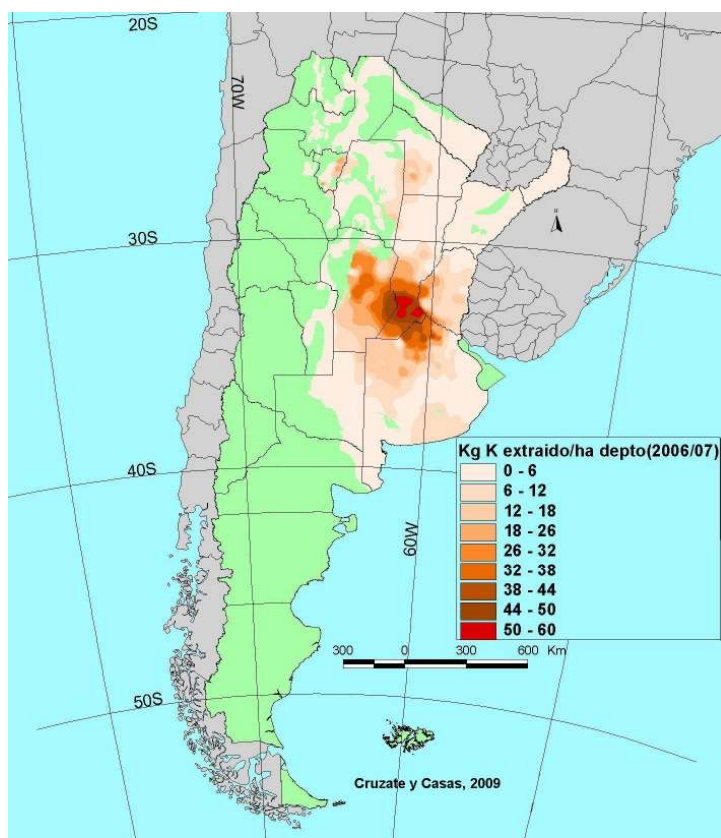
Mapa 9. Extracción de nitrógeno en granos por superficie de cada departamento



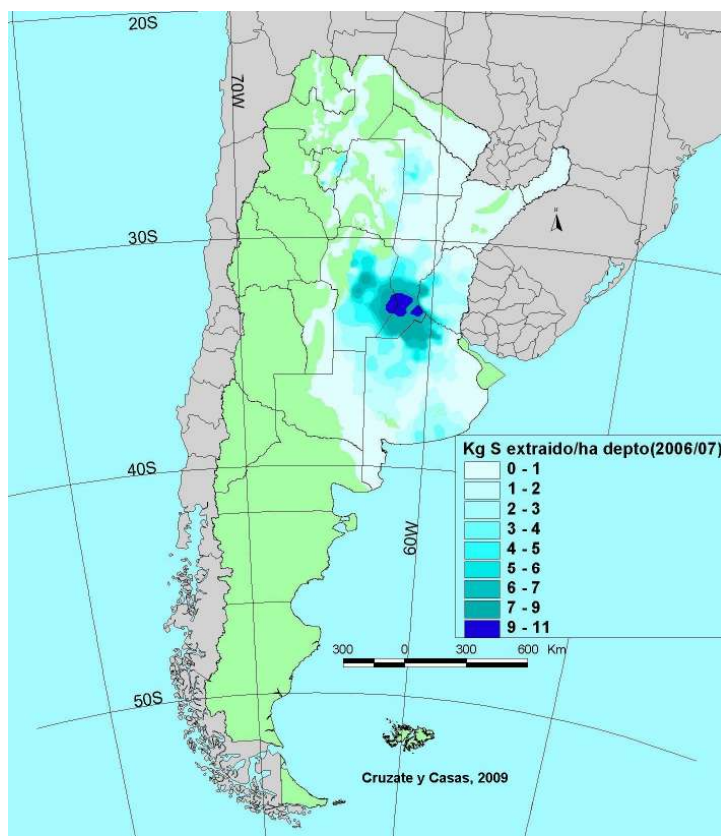
Mapa 10. Extracción de fósforo en granos por superficie de cada departamento



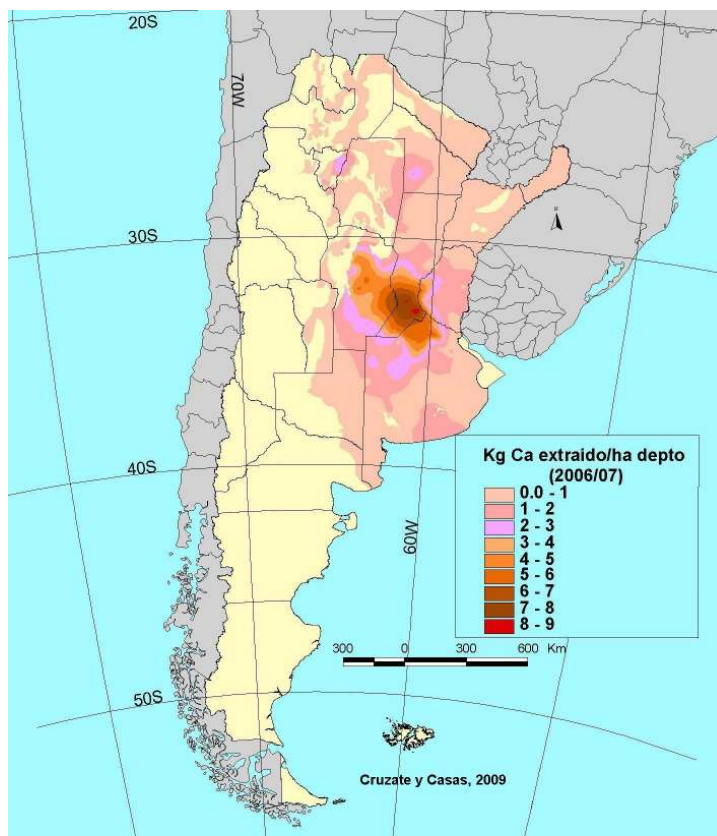
Mapa 11. Extracción de potasio en granos por superficie de cada departamento



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

