

Consumo de fertilizantes en el mundo y en la Argentina

FERNANDO O. GARCÍA¹ - MARÍA F. GONZÁLEZ SANJUAN²

Este capítulo describe la evolución y consumo actual de fertilizantes en el mundo y la Argentina. Estas temáticas fueron discutidas previamente en los escritos de García y Darwich (2009); Campos *et al.* (2012); Melgar y Torres Duggan (2015), se recomienda al lector consultar dichos trabajos.

Evolución y consumo actual de fertilizantes a nivel mundial

El consumo mundial de fertilizantes se ha incrementado a una tasa anual del 3,3%, o 2,56 millones de toneladas $N+P_2O_5+K_2O$ (Nitrógeno + Fósforo como Óxido de Fósforo + Potasio como Óxido de Potasio) por año, desde 1961 a 2013 (Fig. 1). Este incremento se ha asociado al aumento de la producción de cultivos como los cereales que crecieron a un ritmo del 2,2% anual, o 31,5 millones de toneladas por año. Se estima que aproximadamente el 50% de los rendimientos actuales de los cultivos se puede atribuir al uso de fertilizantes (Stewart *et al.*, 2005).

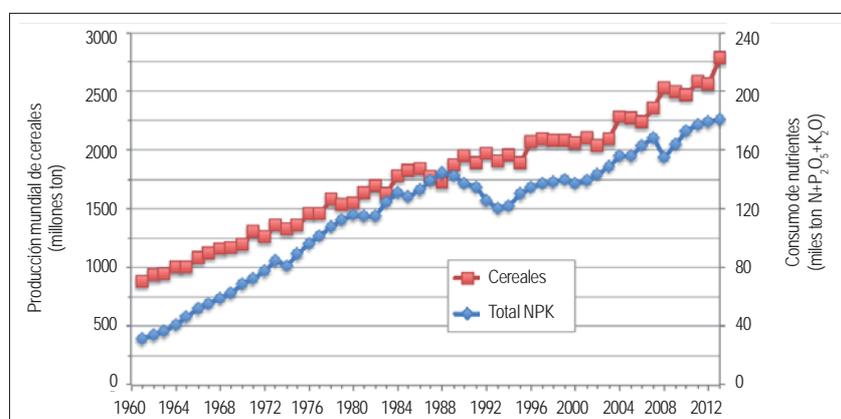


Figura 1. Evolución de la producción mundial de cereales y del consumo mundial de fertilizantes, expresados en miles de toneladas de N, P₂O₅ y K₂O, desde 1961 a 2013.

Fuente: FAOSTAT. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>; e IFA, <http://www.fertilizer.org/>

¹ IPNI, Instituto Internacional de Nutrición de Plantas, Programa Latinoamérica Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina, fgarcia@ipni.net

² Fertilizar Asociación Civil, Buenos Aires, Argentina, mfgonzalez@fertilizar.org.ar

La producción agrícola deberá abastecer la demanda creciente de alimentos, fibras, biomateriales y biocombustibles, de una población que se estima puede llegar a 12 mil millones de habitantes hacia 2100. Los nutrientes, y fertilizantes, juegan un rol fundamental para satisfacer estas demandas crecientes, en una agricultura que debe intensificar su producción en áreas actualmente bajo cultivo para preservar tierras no aptas para tal fin (ecosistemas frágiles, reservas naturales, etc.). Para los nutrientes, y fertilizantes, el desafío es producir más alimentos y energía con menor impacto ambiental, es decir evitando generar efectos negativos en el balance de gases de efecto invernadero, en los ecosistemas y su biodiversidad y en la calidad del aire, del agua y del suelo (Sutton *et al.*, 2013). El uso eficiente y efectivo de los nutrientes es clave para incrementar la producción con la misma o más baja cantidad de aportes externos y para reducir las pérdidas en el medio ambiente. El manejo ineficiente tiene efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana y, por lo tanto, el desarrollo sostenible requiere de la adopción de prácticas responsables de uso y manejo de nutrientes y fertilizantes (Iniciativa Internacional del Nitrógeno, 2010; IPNI, 2012).

El consumo mundial de nutrientes $N+P_2O_5+K_2O$ como fertilizantes en el año 2013 fue de aproximadamente 181 millones de toneladas (Fig. 2). De este total, 110 millones de toneladas correspondieron a N, 40 millones de toneladas a P_2O_5 y unos 30 millones de toneladas a K_2O , es decir 61%, 22% y 17%, respectivamente. Desde 1961, el consumo total de nutrientes creció un 571%; ese crecimiento fue del 938%, 365% y 339% para N, P_2O_5 , y K_2O , respectivamente. Las tasas de aumento de consumo anual fueron de 1,81; 0,46; 0,29 millones de toneladas por año, para N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente.

La región de mayor consumo actual es el Este de Asia con un 38% del consumo total en el trienio 2011-13, seguida por el Sur de Asia (18%), Norteamérica (13%) y Latinoamérica y el Caribe (11%) (Tabla 1). Los cuatro principales países consumidores de $N+P_2O_5+K_2O$ representaron el 61% del consumo mundial en el promedio del trienio 2011-13: China 29%, India 14%, EE.UU. 11% y Brasil 7%. En comparación, la Argentina representa aproximadamente un 0,8% del consumo mundial.

A partir de mediados de los '70, con la Revolución Verde, China e India incrementaron marcadamente el consumo de fertilizantes, sin embargo, este incremento parece haberse desacelerado en los últimos 5 años (Fig. 3). En EE.UU., el consumo de fertilizantes se incre-

Cap. 3 Consumo de fertilizantes en el mundo y en la Argentina.
 FERNANDO O. GARCÍA - MARÍA F. GONZÁLEZ SANJUAN

Tabla 1. Consumo mundial de nutrientes por región, expresados en miles de toneladas de N, P₂O₅ y K₂O. Promedios para el trienio 2011/13. Fuente: IFA, <http://www.fertilizer.org/>

Región	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O
África	3.126,5	1.211,5	523,8	4.861,8
Este de Asia	42.301,1	14.844,4	10.442,4	67.587,9
Europa Oriental y Asia Central	4.617,5	1.254,1	1.307,2	7.178,8
Latinoamérica y el Caribe	7.593,5	6.117,2	6.013,0	19.723,6
Norteamérica	14.401,5	4.921,6	4.692,1	24.015,2
Oceanía	1.580,8	1.158,3	332,9	3.072,0
Sur de Asia	21.390,6	8.102,6	2.703,1	32.196,3
Oeste de Asia	2.941,2	951,7	236,0	4.128,9
Europa Occidental y Central	11.046,5	2.607,6	2.778,0	16.432,0
Total	108.999,2	41.169,0	29.028,4	179.196,6

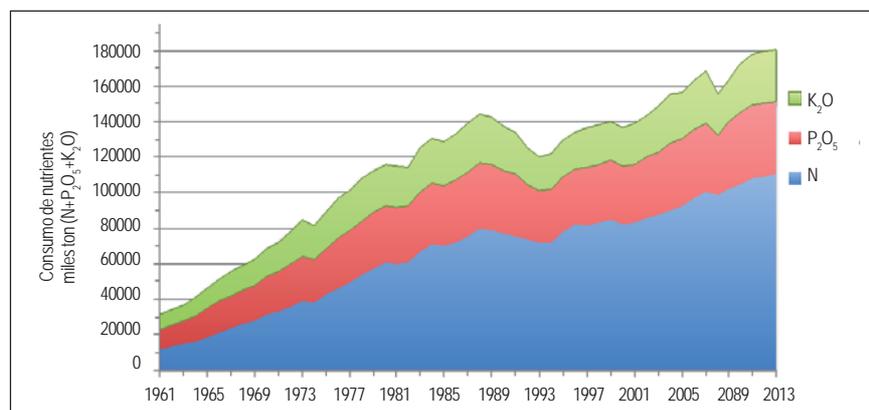


Figura 2. Evolución del consumo mundial de fertilizantes, expresados en miles de ton de N, P₂O₅ y K₂O, desde 1961 a 2013. Fuente: IFA, <http://www.fertilizer.org/>.

mentó marcadamente entre 1961 y 1980, pero a partir de ese año el consumo se ha mantenido estable en alrededor de 20 millones de ton de N+P₂O₅+K₂O. Brasil muestra un incremento significativo a lo largo del período 1961-2013, el cual se intensificó a partir de principios de los '90, con la fuerte expansión agrícola en la región del Cerrado. Es interesante observar la evolución del consumo de Otros Países en la Figura 3, el incremento es marcado hasta fines del '80, momento a partir del cual cae abruptamente a partir de los cambios en Rusia y otros países de Europa del Este. El consumo de Europa Oriental y Asia Central paso de casi 30 millones de toneladas de N+P₂O₅+K₂O en 1986-88, a unas 4 millones de toneladas en 1994/98. A partir de mediados de los '90, el consumo comienza a crecer

nuevamente a partir de la expansión agrícola en varios países de Asia y Latinoamérica y la recuperación del consumo en los países de Europa Oriental y Asia Central.

Se estima que el consumo de fertilizantes (campañas 2010 y 2011) entre los cultivos, lo lideran los cereales con el 51%. Entre ellos se destacan trigo, maíz y arroz, que representan el 16%, 16% y 14% del consumo total, respectivamente (Heffer, 2013) (Tabla 2). En un se-

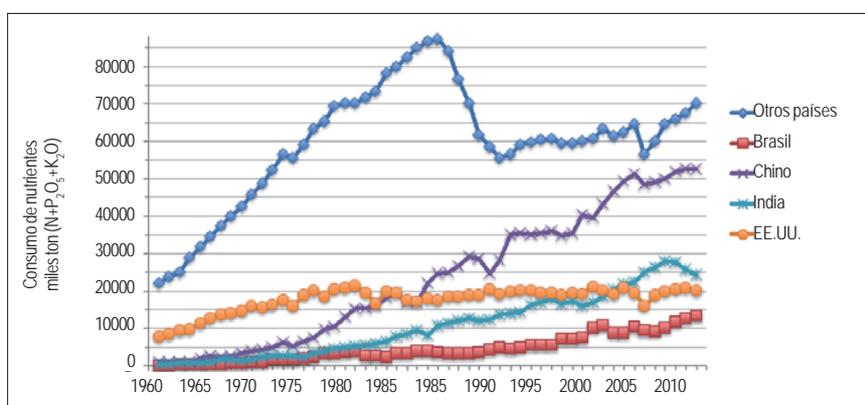


Figura 3. Evolución del consumo mundial de fertilizantes, expresados en miles de toneladas de $N+P_2O_5+K_2O$, desde 1961 a 2013 en Brasil, China, India, EE.UU. y otros países. Fuente: IFA, <http://www.fertilizer.org/>.

Tabla 2. Estimaciones de cantidad y distribución porcentual de consumo de nutrientes por grupos de cultivos a nivel mundial. Fuente: Heffer (2013).

Cultivo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
	miles ton				%			
Trigo	18,9	6,5	1,7	27,1	18	16	6	16
Arroz	16	5,2	3,5	24,7	15	13	13	14
Maíz	17,6	6,2	4,1	27,9	17	15	15	16
Otros cereales	5	1,8	1	7,8	5	4	4	5
Total Cereales	57,5	19,7	10,3	87,5	55	49	37	51
Soja	1	3,2	2,5	6,7	1	8	9	4
Palma aceitera	1,1	0,4	2	3,5	1	1	7	2
Otras oleaginosas	5,6	2,3	1	8,9	5	6	4	5
Total Oleaginosas	7,7	5,9	5,5	19,1	7	15	20	11
Fibras	4,5	1,7	0,8	7	4	4	3	4
Azucareros	3,7	1,4	2,1	7,2	4	3	8	4
Raíces/Tuberculos	2,9	1,3	1	5,2	3	3	4	3
Frutas	6,1	2,2	1,8	10,1	6	5	7	6
Hortalizas	9,5	3,8	2,8	16,1	9	9	10	9
Otros cultivos	12,5	4,5	3,2	20,2	12	11	12	12
Total	10,4	40,5	27,5	172,4	100	100	100	100

gundo grupo se ubican las Oleaginosas, Hortalizas, Frutas, Fibras y Azucareros con 11%, 9%, 6%, 4% y 4%, respectivamente. Los Cereales se destacan fundamentalmente por el consumo de N, para el cual representan un 55%. Entre los Oleaginosos, se destaca el consumo de P_2O_5 y K_2O , en especial la palma aceitera en cuanto a K_2O .

El uso de fertilizantes en la agricultura argentina

Un poco de historia

En la Argentina y principalmente dentro de la Región Pampeana, la producción agrícola fue realizada durante casi un siglo aprovechando la fertilidad natural de sus tierras. Esta fertilidad natural, debida a un alto contenido original de materia orgánica, un pH levemente ácido, una textura superficial franca, franco-arcillosa o franco-arenosa, y a un material madre (loess) rico tanto en bases (Ca, Mg y sobre todo en K) como en otros nutrientes, permitió obtener rendimientos aceptables entre 1860 y 1960 sin necesidad de recurrir a la fertilización (García y Darwich, 2009).

Entre los '60 y '70, la predominancia de un sistema mixto de producción (agrícola-ganadero), donde durante el período ganadero se recomponía la fertilidad física y química (nitrogenada), unida a la fertilidad natural de los suelos y a los rendimientos obtenidos, permitía una adecuada nutrición de los cultivos. El fosfato diamónico y la urea eran usados desde fines de los '50, principalmente en cultivos intensivos, tales como papa, caña de azúcar, frutales y otros.

Hacia los '60, surgen empresas pioneras como Archilnit y Agromax, las que desarrollaron los primeros emprendimientos de significancia en el sector de fertilizantes. El 11 de mayo de 1968, la empresa Petrosur S.A. inaugura la primera planta de producción de fertilizantes del país, para la fabricación de urea, en Campana (Buenos Aires), iniciando sus actividades con una capacidad de producción de 170 toneladas de urea por día. Hacia mediados de los '60 se inician programas de experimentación y transferencia tecnológica en nutrición y fertilización de cultivos en estaciones experimentales de INTA con el auspicio del CIMMYT –Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo– y la Fundación Ford.

En la década del '70, comienza un proceso generalizado de agriculturización, el cual se acentúa a partir de 1976 con la irrupción masiva del cultivo de soja en el sur de Santa Fe y norte de la provincia

de Buenos Aires. El mismo se realizó con intenso laboreo y sin uso de fertilizantes. El INTA y la FAO iniciaron un programa de cooperación en 1970 que permitió estudiar las respuestas a la fertilización en cultivos como trigo y maíz y elaborar métodos de diagnóstico para la fertilización nitrogenada y fosfatada.

En la década del '80 se intensifica el proceso de agriculturización con intenso laboreo, en la mayoría de las regiones productivas de la pampa húmeda se alcanzan y/o superan valores de 80% de uso agrícola del suelo. Hacia la mitad de la década, los niveles de materia orgánica en la capa arable del suelo cayeron aproximadamente al 50% del contenido original. El uso de fertilizantes minerales era bajísimo, 13 kg/ha cultivada (Tabla 3). Este consumo se concentraba en cultivos regionales como caña de azúcar y frutales, en papa, en trigo y, en mucho menor grado, en maíz y pasturas. Comenzó un proceso de deterioro de los suelos agravado por el desbalance entre extracción de nutrientes por las cosechas y reposición por fertilización. Esta década del '80 marcó varios avances en la investigación, extensión y educación en fertilidad de suelos y fertilización de cultivos:

- La Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (SAGyP) implementó junto con el INTA y la Junta Nacional de Granos en 1983/84, el subprograma "Fertilizantes", cuya finalidad era aumentar la productividad agrícola a través de un mayor empleo de fertilizantes, estableciendo para tal fin los Planes "Canje" (Cereal por Fertilizante).
- En 1983, INTA publicó el primer mapa regional donde se mostraban los contenidos de fósforo extractable (Bray 1) de los suelos, estableciéndose áreas con niveles deficientes, medios y suficientes para los cultivos dentro de la Región Pampeana (Darwich, 1983).
- En 1986, INTA puso en marcha el Proyecto de Agricultura Conservacionista, el cual hace una intensa difusión de tecnologías conservacionistas, tales como reducción de laboreo, siembra directa, fertilización y sistematización en suelos con pendientes pronunciadas.
- A principios de la década, la Cátedra de Cereales de la Facultad de Agronomía (UBA) estableció redes de ensayos NP en trigo y maíz, en colaboración con los grupos CREA, en el norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe. Estos ensayos permitieron determi-

nar umbrales críticos para la toma de decisión de la fertilización NP en ambos cultivos.

- A partir de un acuerdo de Cooperación Tecnológica entre los gobiernos de Italia y la Argentina nació, en 1987/88, el Proyecto “Desarrollo de la Fertilización en la Argentina” que fue implementado en forma conjunta por la SAGyP y el INTA con la asistencia técnica y económica del gobierno italiano. En el área de comercialización y transporte de fertilizantes, se trató de agilizar el movimiento en los puertos. En la faz técnica, el proyecto apuntaba a recopilar toda la información generada por las estaciones experimentales del INTA, desarrollar experiencias de campo, actualizar y estandarizar métodos de análisis de suelo, y desarrollar cursos de capacitación y materiales didácticos varios.

La década del '90 fue la del despegue en el uso de fertilizantes para la agricultura extensiva en la Argentina. Distintos factores económicos, comerciales, logísticos, técnicos y científicos se combinaron para permitir la expansión del uso de fertilizantes que pasó de aproximadamente 250 mil toneladas a más de 1,6 millones de toneladas en este período. Entre los factores tecnológicos destacados en este período, la adopción de sistemas de siembra directa (SD) en cultivos extensivos, impulsó decisivamente el uso de fertilizantes.

En 1994, la firma PASA Fertilizantes comenzó la producción de UAN en el país. En el primer año se produjeron unas 1200 toneladas, incrementándose a 65.000 toneladas hasta 1999. A mediados de los 90's, se instalan los primeros agrocentros de distribución a granel de fertilizantes y de preparación de mezclas físicas específicas según cada lote, un servicio que contribuyó significativamente a la adopción del uso de fertilizantes.

A mediados de esta década, el INTA Casilda, a través de investigaciones realizadas en campo de productores, puso en evidencia la necesidad de la fertilización azufrada, haciendo un aporte significativo en el logro de mejores rendimientos para los cultivos, particularmente soja. Estas investigaciones demostraron la respuesta de la soja a la aplicación de nutrientes, lo que facilitó la difusión y adopción no solo de la fertilización azufrada, sino también de la fertilización fosfatada.

En 1994, el INTA puso en marcha el proyecto Fertilizar que reunió a las principales empresas privadas que producen o comercializan fertilizantes en el país con el objeto de mejorar la difusión de los conocimientos y crear conciencia en los productores y técnicos, respecto al uso de fertilizantes. En 1998, el Instituto del Fósforo y el Potasio (INPOFOS, PPI por sus siglas en inglés) inició sus actividades de investigación y difusión en el país, donde estableció su oficina Regional para el Cono Sur. A partir de 2007 INPOFOS pasa a ser parte del Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI).

La década del 2000 marca el crecimiento de la industria local de fertilizantes y la expansión de programas de investigación y educación de instituciones oficiales y privadas. Se crea la primera fábrica de urea granulada a nivel nacional en Bahía Blanca, a través de la asociación de Repsol-YPF y Agrium (Canadá), con una inversión cercana a los 700 millones de dólares. Es el complejo productor de amoníaco y urea más importante de Sudamérica, capaz de producir 1.100.000 ton de urea granulada/año y unas 750.000 ton de amoníaco.

En el año 2004, PASA-Petrobras instaló la primera fábrica de tiosulfato de amonio en Campana con una producción anual de 9 mil toneladas, que fue incrementándose a lo largo de los últimos años, alcanzando las 91 mil toneladas de producción en 2008.

Continuando con el desarrollo de producción local de fertilizantes, en 2007, Mosaic instaló la primera planta de producción de superfosfato simple en Quebracho, en las cercanías de San Lorenzo (Santa Fe) con una producción anual de aproximadamente 240 mil toneladas. En 2009, Bunge comenzó a operar una planta de producción de superfosfato simple en San Nicolás (Buenos Aires), con una producción anual de 200 mil toneladas.

Se multiplicaron las investigaciones y experimentaciones en campos de productores en numerosas zonas del país a través del trabajo de varias instituciones (INTA, universidades, grupos de productores y de profesionales y otros). Estos trabajos tuvieron objetivos de investigación y de extensión y permitieron y permiten que los productores se involucren directamente en la evaluación de dosis, fuentes, momentos y formas de aplicación de nutrientes. Se evalúan otros nutrientes más allá de N, P y S en cultivos extensivos, determinándose respuestas a cloro en trigo, a zinc en maíz, y a boro en girasol y alfalfa, entre las más destacadas. Comenzó el desarrollo de la Agricultura de Precisión en el país impulsada desde el INTA Manfredi en la provincia de

Córdoba y paulatinamente se fueron adaptando tecnologías que permiten hacer un uso más eficiente de los fertilizantes nitrogenados, como los lectores de índice verde y el manejo de dosis variables.

En el 2005 se creó la Asociación Civil Fertilizar, a partir del proyecto Fertilizar de INTA, la cual es impulsada y gerenciada por las empresas productoras y/o distribuidoras de fertilizantes en el país.

A modo de síntesis de la evolución histórica del uso de fertilizantes en el país, la Tabla 3 resume la evolución en superficie cultivada, producción de granos y consumo de fertilizantes por ha para el período 1945-2014.

Evolución y consumo actual de fertilizantes en el país

Al igual que a nivel mundial, el incremento de la producción de granos en la Argentina se asocia al aumento del consumo de fertilizantes (Fig. 4). Entre 1993 y 2014, el consumo de fertilizantes creció 150 mil ton de fertilizante por año, a una tasa anual del 10,1%, y la producción de granos (cereales y oleaginosos) 3,3 millones de toneladas por año, equivalente a una tasa anual de 5,2%.

Actualmente, la capacidad de producción nacional incluye aproximadamente: 1,3 millón de toneladas de urea granulada de la planta de Profertil S.A. en Bahía Blanca (Buenos Aires); 180 mil toneladas

Tabla 3. Evolución de la superficie cultivada, la producción de granos y consumo de fertilizantes en el país en los últimos 70 años (promedios aproximados de decenios y quinquenios). Adaptado de García y Darwich (2009).

Período	Superficie cultivada	Producción de granos	Consumo de fertilizante	Consumo promedio de fertilizantes
	millones ha/año	millones ton/año	miles de ton/año	kg/ha cultivada
1945-1955	18	23	10**	0,6
1955-1965	19	25	50	2,6
1966-1975	19	25	150	8
1976-1985	20	35	250	13
1986-1993	20	35	300	15
1993-1995	21	43	577	27
1996-1998	26	60	1186	46
1999-2002	27	68	1779	66
2003-2005	29	77	2497	86
2006-2007	32	95	3543	111
2008-2009	31	78	2504	81
2010-2014	36	107	3385	94

** Solamente a partir de 1953.

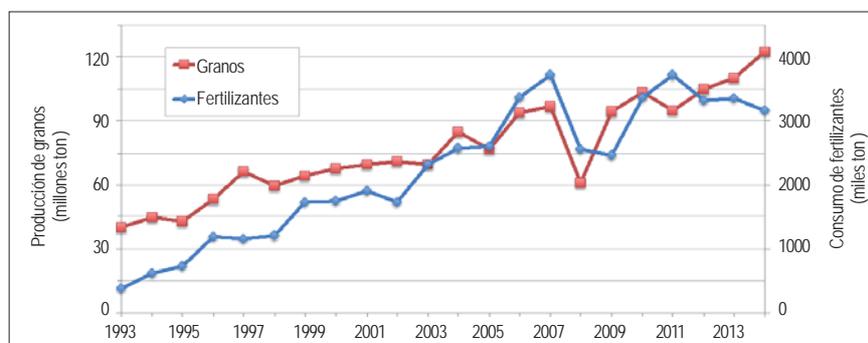


Figura 4. Evolución de la producción de granos y del consumo de fertilizantes, expresados como producto fertilizante, en la Argentina desde 1993 a 2014. Fuente: MAGPyA y Fertilizar AC.

de urea perlada, 280 mil toneladas de UAN y 130 mil toneladas de tiosulfato de amonio de la planta de Bunge en Campana (Buenos Aires); 230 mil toneladas de superfosfato simple de calcio (SFS) producido por Quebracho TSA (Santa Fe); y 200 mil toneladas de SFS producido por Bunge en Ramallo (Buenos Aires). Existen numerosos productores de minerales, principalmente sulfato de calcio (yeso), distribuidos en todo el país. En síntesis, la capacidad instalada de la industria nacional de fertilizantes al año 2014 alcanzó los 2,2 millones de toneladas de las cuales 60% corresponden a urea granulada, 19% a superfosfato simple y el resto a urea perlada, UAN, tiosulfato de amonio y yeso.

En el año 2013, la producción nacional fue de 1,9 millones de toneladas, es decir un 15% por debajo de la capacidad instalada (Fig. 5). Las razones se deben principalmente a temas operativos de provisión de energía en momentos críticos que pueden variar en los distintos años.

Por su parte, los fertilizantes importados, que representan entre el 55% y el 60% del consumo anual de los últimos años, ingresan al país por los puertos del litoral: San Lorenzo (incluye Puerto Gral. San Martín y Timbúes) y Rosario en Santa Fe; y San Nicolás, Necochea y Bahía Blanca en Buenos Aires. La capacidad portuaria instalada en depósitos es de 2 millones de toneladas. Si se considera la importación de productos como tal (no incluye materias primas), las importaciones están principalmente constituidas según se detalla en la Figura 6. Los países de origen de estas importaciones son principalmente EE.UU. con casi 650 mil toneladas y Rusia con 330 mil. Luego siguen

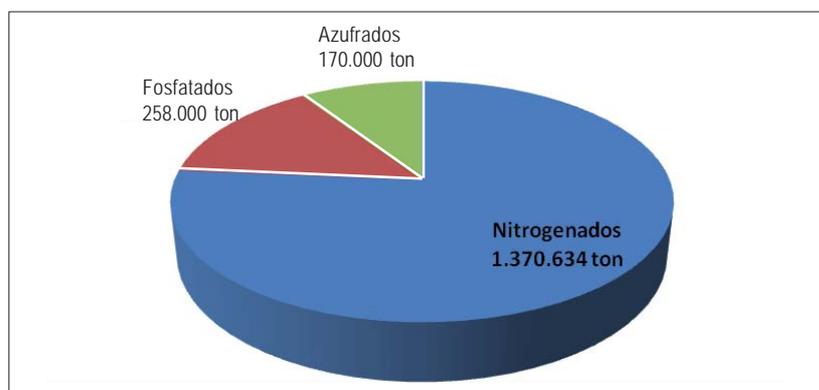


Figura 5. Producción de fertilizantes en la Argentina. Año 2013. Fuente: FERTILIZAR.

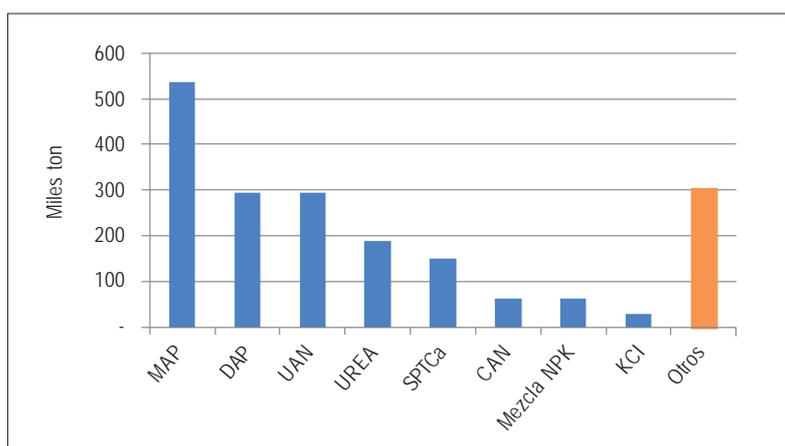


Figura 6. Principales productos fertilizantes terminados importados por la Argentina. Año 2013. Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

Venezuela, México y China con cerca de 100 mil toneladas y finalmente Marruecos, Países Bajos, Polonia y otros (Fig. 7). En síntesis, el consumo de fertilizantes en los últimos años evolucionó favorablemente hacia el abastecimiento con producción nacional, representando esta última un 15% a comienzos de la década del 90 y un 55% en los últimos años (Fig. 8).

Discriminando por nutriente, se estiman tasas anuales de crecimiento del consumo de 30,7 mil, 27,6 mil, 1,7 mil y 5,7 mil ton para N, P, K y S, respectivamente, entre 1993 y 2014 (Fig. 9). El consumo de N aumento de 117 mil ton en 1993 a 737 mil ton en 2014, con un

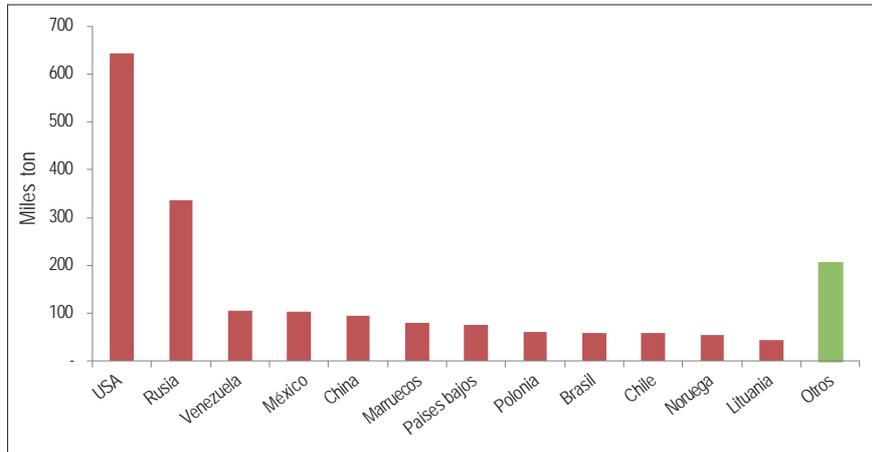


Figura 7. Importación de fertilizantes según país de origen. Año 2013. Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

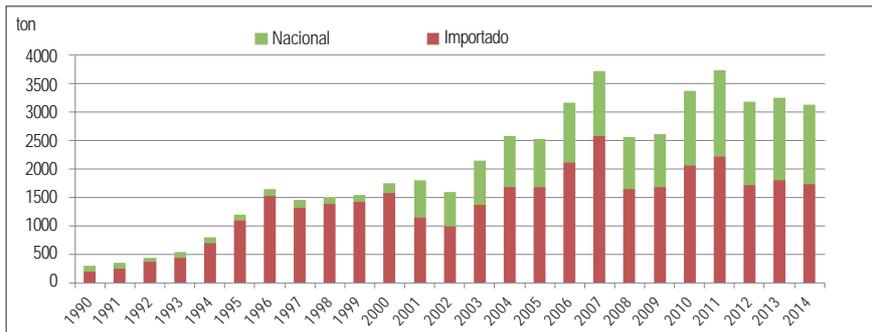


Figura 8. Consumo de fertilizantes según origen en la Argentina. Año 1990-2014. Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

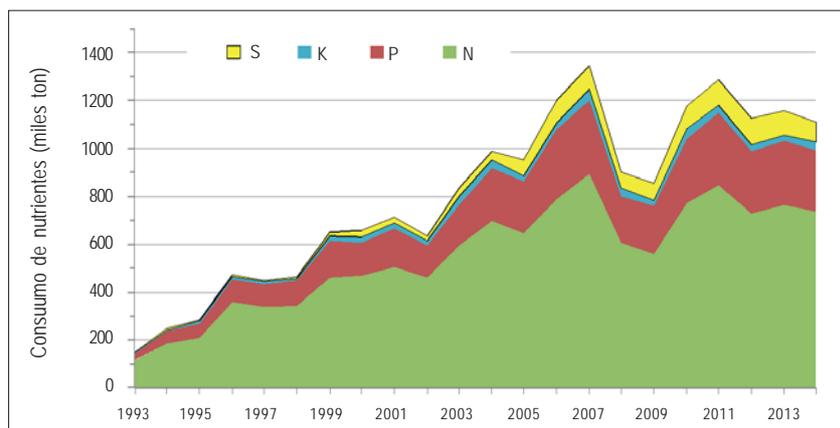


Figura 9. Evolución del consumo de fertilizantes en la Argentina entre 1993 y 2014. Fuente: Elaboración propia en base a datos de SAGPyA y Fertilizar Asociación Civil.

pico de consumo de 894 mil ton en 2007 (Fig. 10). El consumo de P_2O_5 se incrementó de 58 mil ton (26 mil ton de P) a 585 mil ton (307 mil ton de P) en 2014, con un pico de consumo de 702 mil ton (307 mil ton de P) en 2007 (Fig. 11). Entre los fertilizantes nitrogenados, la urea representa actualmente un 62% del consumo total de N y el UAN un 16%. Entre los fosfatados, los más utilizados son el fosfato monoamónico y el fosfato diamónico con el 52% y 23%, respectivamente, del consumo total de P.

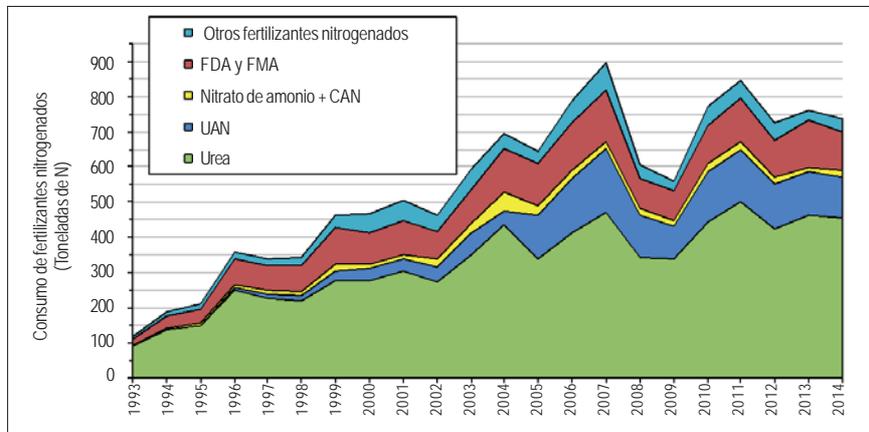


Figura 10. Evolución del consumo de N de fertilizantes nitrogenados entre 1993 y 2014. Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

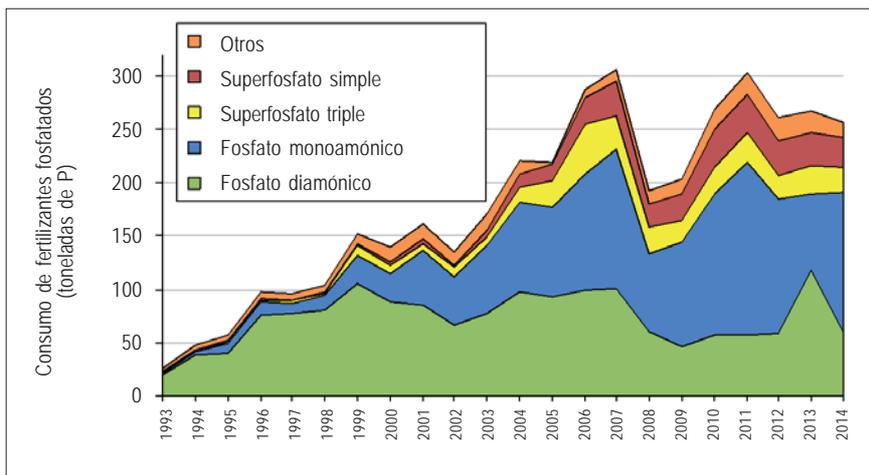


Figura 11. Evolución del consumo de P de fertilizantes fosfatados entre 1993 y 2014. Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

Se estima que actualmente aproximadamente un 80% del consumo total de nutrientes se destina a los cinco principales cultivos de grano: trigo, maíz, soja, girasol y sorgo (Tabla 4). El mayor porcentaje de área fertilizada se registra en trigo y maíz, principalmente con N y P (Tabla 5). El cultivo de soja viene aumentando el área fertilizada año a año. Esto se debe principalmente a la potencialidad de respuesta y rendimiento del cultivo que muestran los estudios que se están desarrollando y al agotamiento de los suelos que no pueden cubrir estos requerimientos. La distribución regional del consumo de fertilizantes en estos cultivos extensivos, en el 2013 estuvo concentrado en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba (Fig. 12).

Tabla 4. Mercado de fertilizantes por cultivo extensivo en el año 2013 Fuente: Fertilizar Asociación Civil, 2013.

Promedio	TRIGO	MAIZ	SOJA	GIRASOL	CEBADA	SORGO	TOTAL
Mercado Nitrogenados	363.650	533.194	-	37.671	146.352	51.630	1.132.497
Mercado Fosforados	169.730	231.004	750.329	30.530	59.441	44.543	1.285.577
Mercado Potasicos	-	-	-	-	-	-	-
Mercado Azufrado	20.145	26.072	113.143	1.758	4.808	3.557	169.484
Otros ¹	4.811	8.538	38.608	180	4.806	2.500	59.443
TOTAL X CULTIVO (ton)	558.336	798.808	902.080	70.139	215.408	102.229	2.647.000
% DEL CONSUMO NACIONAL	17%	25%	28%	2%	7%	3%	81%

Tabla 5. Consumo de fertilizantes estimado por cultivo en la Argentina en el año 2013 para los seis principales cultivos de grano. Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

2013	TRIGO	CEBADA	SOJA	MAIZ	GIRASOL	SORGO
Siembra (ha)	3,6 MM	1,3 MM	20,2 MM	4,4 MM	1,2 MM	1,0 MM
Aplicación (ha)	3,6 MM	1,2 MM	13,6 MM	4,1 MM	1,1 MM	0,7 MM
Uso (%)	98 %	95 %	67 %	93 %	93 %	68 %
Volumen (ton)	560 M	215 M	902 M	798 M	70 M	102 M
Dosis (kg/ha)	156	170	66	194	59	138

Fertilizantes en economías regionales y pasturas

En las economías regionales y pasturas, el consumo de fertilizantes en 2013, totalizó unas 600.000 ton según información de Fertilizar Asociación Civil. La Figura 13 muestra la distribución entre los distintos cultivos. Para esa campaña ese consumo representó aproximadamente un 18% del consumo nacional de fertilizantes, mientras que el 82% restante correspondió al consumo de trigo, maíz, soja, girasol, sorgo, cebada, arroz y otros extensivos.

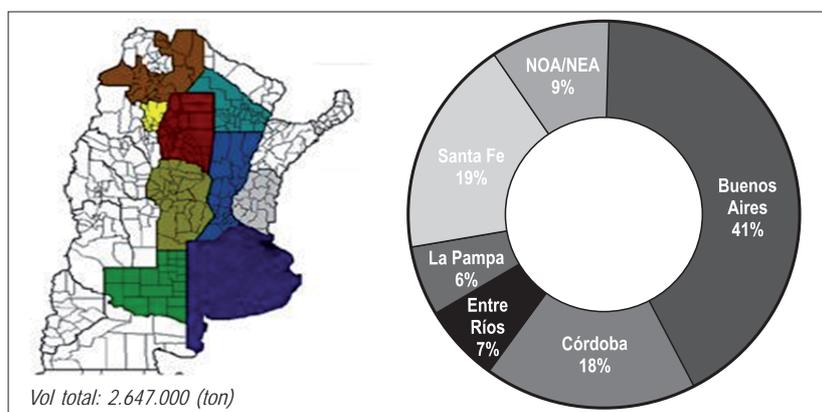


Figura 12. Distribución regional del uso de fertilizantes en cultivos extensivos en el año 2013. Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

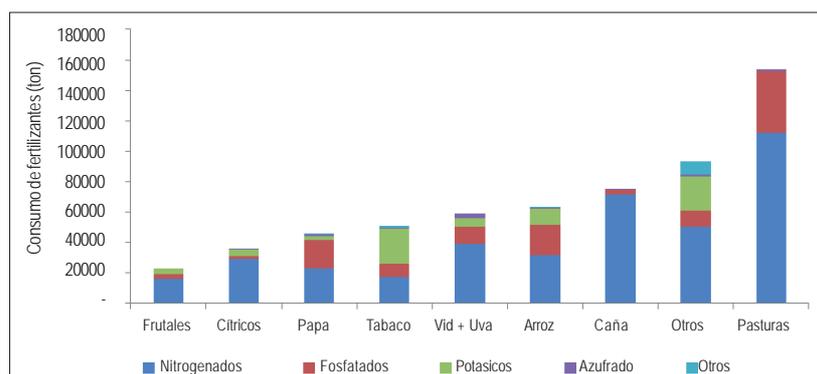


Figura 13. Consumo de fertilizantes en economías regionales y pasturas en el año 2013 en la Argentina. Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

Si se agrupa el consumo por nutrientes, el 65% corresponde a fertilizantes nitrogenados, el 20% a fosfatados, el 12% a potásicos y el 1% a azufrados. El 2% restante representa otros fertilizantes.

Perspectivas de uso de fertilizantes en la Argentina

A partir del notable incremento en el uso de fertilizantes registrado en la Argentina entre 1991 y 2007 (Fig. 9), se había predicho un consumo para el 2015 de 4,5-4,6 millones de toneladas. Esta proyección no se cumplió, el consumo de productos fertilizantes cayó drásticamente en 2008 y 2009 a unas 2,5 millones de ton, y a partir de 2010 osciló entre 3,2 y 3,7 millones de toneladas.

Las proyecciones de uso futuro se pueden basar en las necesidades de reposición de nutrientes extraídos por los cultivos más las necesidades de construcción de niveles de nutrientes en los suelos, y/o a partir de proyecciones de área futura de siembra y estimaciones de uso de fertilizante por ha según cultivo (dosis y porcentaje de área fertilizada). Considerando la proyección de área sembrada y rendimientos de los cultivos para el 2020 según el Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (PEA2, <http://www.minagri.gob.ar/site/areas/PEA2/index.php>), la remoción de nutrientes en los principales cultivos extensivos sería de aproximadamente 5 millones de ton (Tabla 6). No sería lógico considerar la aplicación del 100% como reposición, pero este valor da una idea de la remoción de nutrientes que se realizaría cada año bajo esta proyección para 2020.

La Fundación Producir Conservando proyecta para 2020 un área sembrada total de 36 millones de ha, con una participación del 30% de cereales en la rotación (similar a la proporción registrada en 2014). Con estos parámetros y considerando reposiciones del 87%, 95%, 5% y 71% del N, P, K y S removidos en granos, la estimación de consumo de nutrientes para el 2020 sería de 2,5 millones ton de nutrientes (Tabla 7).

Si se plantea una estimación en la proyección de consumo de nutrientes a 2020 considerando dosis modales y porcentaje de área fertilizada según las necesidades actuales y futuras de los suelos, el consumo hacia 2020 debería ubicarse en aproximadamente 2 millones de ton de N+P+K+S (Tabla 8). Esta estimación incluye el consumo de los principales cultivos de grano, que representan el 80-85%

Tabla 6. Proyección de superficie, rendimiento y producción de cultivos para 2020 según el PEA2, y extracción de nutrientes según concentraciones en productos de cosecha de IPNI.

Cultivo	Rendimiento kg/ha	Superficie miles ha	Producción miles ton	Extracción				
				N	P	K	S	Total
				miles ton				
Arroz	8.500	357	3.035	39	9	6	2	56
Girasol	2.150	2.500	5.375	113	32	26	11	182
Maíz	9.700	5.700	55.290	712	144	190	66	1.112
Soja	3.300	22.000	72.600	1.510*	332	1.200	203	3.245
Trigo	3.250	3.600	11.700	211	40	40	18	309
Algodón	1.850	700	1.295	92	17	43	16	168
Total	-	34.857	149.295	2.677	574	1.504	315	5.070

*Considerando que el 60% del N en grano es aportado por la fijación biológica de N.

Cap. 3 Consumo de fertilizantes en el mundo y en la Argentina.
FERNANDO O. GARCÍA - MARÍA F. GONZÁLEZ SANJUAN

Tabla 7. Proyección de superficie, producción y extracción de nutrientes por cultivo y de reposición de nutrientes para 2020 según la Fundación Producir Conservando. Fuente: Fundación Producir Conservando, <http://producirconservando.org.ar//intercambio/docs/sem-fertilizar-2013.pdf>.

Cultivo	Superficie	Producción	Extracción				
			N	P	K	S	Total
	miles ha	miles ton	miles ton				
Girasol	2.900	5.549	116	33	27	11	187
Maíz	5.200	37.113	494	100	130	45	769
Soja	21.900	67.149	958	362	1.144	188	2.652
Trigo	5.800	16.139	294	56	56	24	430
Total	35.800	125.950	1.862	551	1.357	268	4.038
<i>Reposicion de nutrientes</i>							
<i>Total (miles ton)</i>			<i>1.699</i>	<i>541</i>	<i>69</i>	<i>196</i>	<i>2.505</i>
<i>Total (%)</i>			<i>87</i>	<i>95</i>	<i>5</i>	<i>71</i>	<i>62</i>

Tabla 8. Estimación de consumo de nutrientes en cultivos de granos para 2020 según la proyección del PEA2 de área y rendimiento y utilizando dosis de aplicación y porcentajes de área fertilizada modales.

Cultivo	Superficie	Dosis				Porcentaje área fertilizada				Consumo			
		N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K	S
	ha	kg/ha				%				miles ton			
Trigo	3.600.000	60	12	10	4	100	100	3	70	216	43	1,08	10
Maíz	5.700.000	100	20	10	4	100	100	3	80	570	114	1,71	18
Soja	22.000.000	-	15	10	6	-	80	3	90	-	264	6,60	119
Girasol	2.500.000	40	12	10	3	80	70	3	70	80	21	0,75	5
Otros granos	2.500.000	60	12	10	4	90	90	3	80	135	27	0,75	8
Total	36.300.000	-	-	-	-	-	-	-	-	1.001	469	10,9	160

del mercado de fertilizantes actual, y de otros cultivos (frutas, saca-
ríferos, hortalizas, fibras, etc.). Respecto del consumo de 2014, esta
proyección implicaría incrementos del orden del 60%, 116%, 32% y
125% en el consumo de N, P, K y S, respectivamente (Fig. 14). El me-
nor incremento en consumo de N respecto de P y S, se debe funda-
mentalmente a la elevada proporción de superficie proyectada de soja
respecto de los otros cultivos (61% del total del área). Escenarios de
mayor crecimiento en área de maíz, por ejemplo, cambiarían esta si-
tuación de manera significativa. En el caso del K, los niveles de dispo-
nibilidad en los suelos, en general, siguen siendo adecuado a pesar
de la continua remoción sin reposición; algunos trabajos recientes in-
dicarían la posible ocurrencia de niveles deficitarios en los próximos
10-15 años.

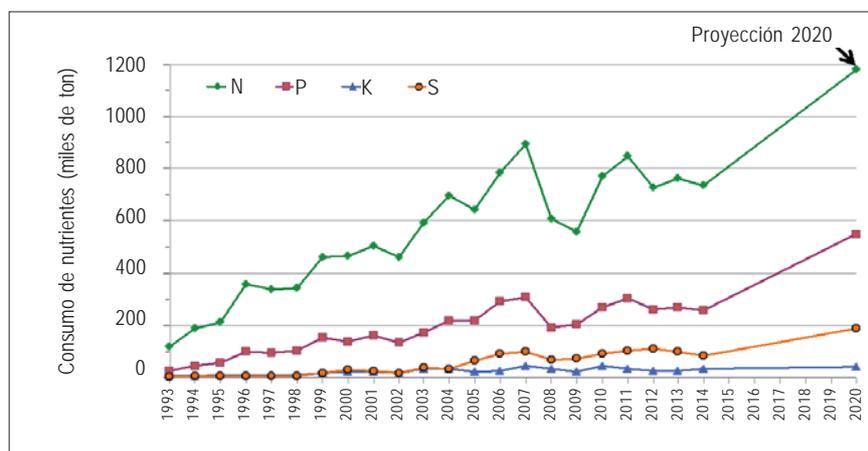


Figura 14. Consumo de nutrientes entre 1993 y 2014 y proyección para 2020 según datos de Tabla 8.

Algunos indicadores de la eficiencia y efectividad de uso de nutrientes en la agricultura extensiva de la Argentina

El uso eficiente y efectivo de los nutrientes contribuye a la seguridad alimentaria y reduce las pérdidas de nutrientes al medio ambiente. Si bien gran parte del aumento en la producción de alimentos en el último medio siglo puede atribuirse al uso de fertilizantes, cuando los mismos se utilizan incorrectamente, los efectos pueden impactar negativamente sobre el medio ambiente. Sutton *et al.* (2013) discutieron ampliamente los efectos de la aplicación escasa o excesiva de nutrientes y sus impactos sobre el ambiente suelos, aire y agua.

La eficiencia de uso de los nutrientes puede ser definida de numerosas formas dependiendo del propósito para el cual se utilice el indicador. La eficiencia agronómica y la eficiencia aparente de recuperación son índices frecuentemente utilizados pero requieren de información de tratamientos sin aplicación de nutrientes, por lo cual son más utilizados en investigaciones específicas de utilización y destino de nutrientes en el sistema. Para evaluar la evaluación de la eficiencia de nutrientes a nivel regional y/o nacional, Norton *et al.* (2015) recomendaron utilizar la relación Suma de Salidas de Nutrientes/Suma de Entradas de Nutrientes, la cual es definida como el balance parcial del nutriente evaluado (BPN). La BPN también se puede definir como la relación Remoción/Aplicación, en la cual los componentes de remoción y aplicación se definen según la escala temporal y espacial que se está evaluando.

En la Argentina, el notable aumento en el consumo de fertilizantes registrado en los cultivos extensivos entre 1993 y 2014 permitió mejorar los BPN de N, P y S pero los mismos aún están lejos de alcanzar niveles considerados sustentables. La estimación de la aplicación y extracción en grano de N, P, K y S en los cuatro principales cultivos de grano (soja, maíz, trigo y girasol) indica que, para el trienio 2012-14, los BPN fueron de 2,8, 1,7, 1962 y 2,4 para N, P, K y S (Fig. 15). La Figura 16 muestra que los valores de BPN para N y P estimados en la Argentina son superiores a los estimados para Australia, Brasil, Canadá y EE.UU.

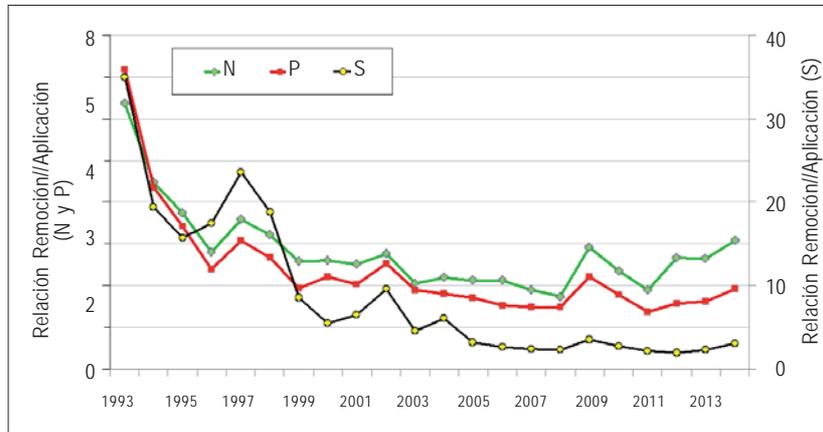


Figura 15. Relación Remoción/Aplicación de N, P, K y S en los principales cultivos de grano de la Argentina para el periodo 1993-2014.

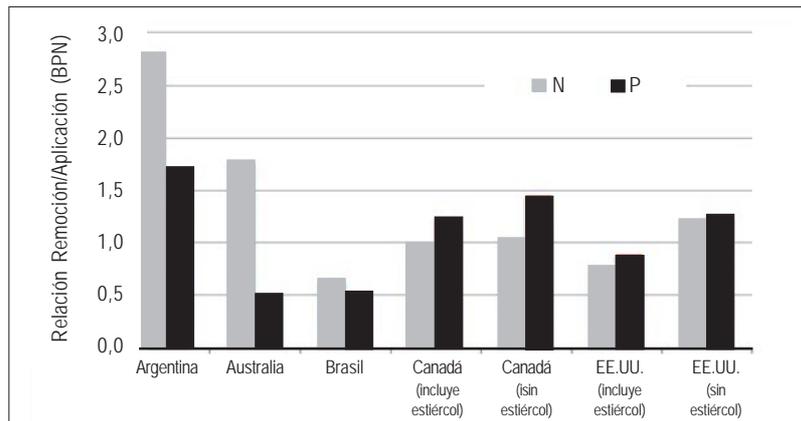


Figura 16. Relación Remoción/Aplicación (BPN) de N y P para la Argentina, Australia, Brasil, Canadá y EE.UU. Se muestra la información de Canadá y EE.UU. con y sin la inclusión de nutrientes aplicados como estiércol. Fuente: IPNI.

Los desbalances de nutrientes han disminuido la disponibilidad de nutrientes en los suelos, algo que puede ser claramente visualizado a través de las caídas de P extractable (P Bray 1) y la creciente deficiencia de S en numerosas áreas de la Región Pampeana. La materia orgánica del suelo (MOS) ha sido la principal fuente de N, P y S para los cultivos a lo largo de los casi 100 años de agricultura, fundamentalmente a partir de los nutrientes contenidos en las fracciones más lábiles. A modo de ejemplo, en el sur de Santa Fe, zona núcleo de producción de granos, se han registrado disminuciones de MOS del orden del 3-5% que, considerando las concentraciones modales de N, P y S en la MOS, representan aproximadamente 3000-5000 kg/ha de N y 300-500 kg/ha de P y S. La adecuada nutrición de cultivos y suelos deberá considerar estos desbalances además de los resultados económicos directos de la práctica de fertilización y/o abonado.

La Figura 17 muestra la eficiencia de uso de N en cereales expresada como la relación aplicación-remoción en función de la remoción, para distintos países del mundo y para el promedio mundial según Norton *et al.* (2015). Los países con BPN cercana a la línea de 0,9 serían aquellos en los cuales hay beneficios para la producción y para el ambiente, aquellos países con BPN cercana a 0,5 estarían en situación de beneficios en producción pero de impactos negativos para el ambiente (contaminación por excesos de N), y finalmente los países con BPN cercanas a la línea de 1,3 indicarían pérdidas para la producción y para el ambiente (degradación). La Argentina y Rusia se ubican más cerca de la línea de 1,3, Australia, Brasil y el Mundo a la línea de 0,9 y Malasia, India, Egipto y China a la línea de 0,5. Esta Figura 17 constituye una visión puntual de estos indicadores y se sugiere evaluar los cambios en el tiempo que muestre esta relación en las distintas regiones y/o sistemas agrícolas.

La Tabla 9 muestra las estimaciones de índices de eficiencia, BPN y productividad parcial del factor (PPF), de N, P y S para los principales cultivos de grano en la Argentina en la campaña 2013. El PPF representa los kg/ha de rendimiento total obtenidos dividido por los kg/ha de nutriente aplicados. En el caso de N, los BPN muestran valores superiores a 1 en maíz, sorgo y girasol indicando aplicaciones por debajo del nivel de extracción de los granos de estos cultivos, y valores cercanos a 1, es decir equilibrio entre remoción y aplicación, para trigo y cebada. El BPN para N debe ser considerado cuidadosamente dada la dinámica de este nutriente en el suelo, fundamentalmente su movilidad. Las aplicaciones de N deben ser estratégi-

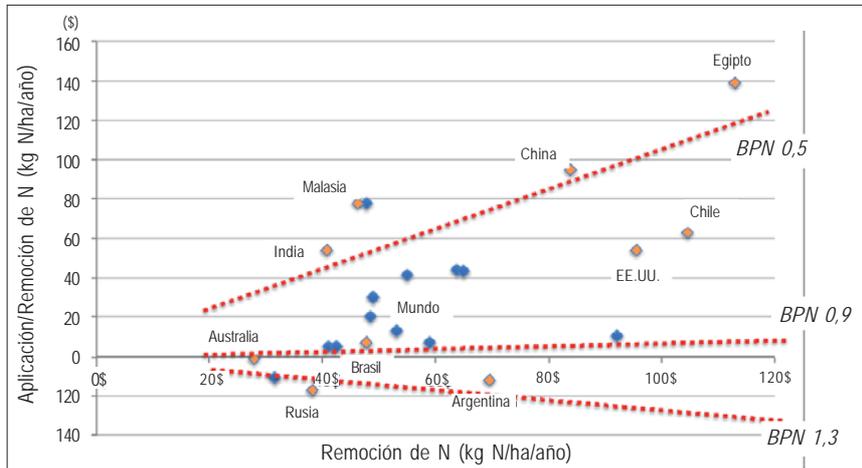


Figura 17. Eficiencia de uso de N para cereales expresada como la diferencia entre la aplicación y la remoción de N en función de la remoción de N para distintos países y para el promedio mundial. Las líneas punteadas indican situaciones de BPN (Relación Remoción/Aplicación) de 0,5; 0,9 y 1,3. Adaptado de Norton *et al.* (2015).

Tabla 9. Índices de eficiencia de uso, BPN y PPF, de N, P y S para los principales cultivos de grano de la Argentina. Estimaciones para 2013/14. Elaborado a partir de información de Fertilizar Asociación Civil.

Cultivo	BPN			PPF		
	N	P	S	N	P	S
	Remoción/Aplicación			kg grano por kg nutriente		
Trigo	0,97	0,90	1,10	54	261	748
Cebada	1,03	0,95	4,82	67	363	2.800
Soja		2,20	2,46		482	879
Maíz	1,77	1,83	1,27	137	701	1.054
Girasol	2,23	1,99	5,49	106	334	2.785
Sorgo	2,04	1,15	4,16	121	375	2.271
Total	1,45	1,79	2,04	99	477	977

cas en cuanto a aportar el nutriente en las cantidades exactas que el cultivo requiere, no siempre coincidentes con lo que se remueve en los granos, sincronizándolas con el período de mayor demanda del cultivo. Las PPF de N en maíz son superiores en aproximadamente un 70% a las reportadas para EE.UU. Una elevada PPF y un BPN de N mayor a 1 en maíz podrían estar indicando dosis de aplicación por debajo del óptimo para el cultivo.

Los valores de BPN de P indican que, en trigo y cebada, se estaría trabajando en condición sustentable porque la aplicación de P esta en equilibrio con la cantidad de P extraído en los granos. En soja y,

en menor medida, en girasol y maíz, los valores de BPN de P son altos indicando que se remueve mucho más P del que se aplica. Al igual que para N, los altos valores de BPN para P se reflejan en altos valores de PPF indicando que las dosis de aplicación podrían incrementarse.

Finalmente, y al igual que se mencionó en párrafos iniciales de este capítulo para la producción mundial de cereales, la utilización de fertilizantes en la Argentina se ha relacionado con los incrementos en producción y en rendimiento de los cultivos (Fig. 4). La Figura 18 muestra que la producción de granos aumentó 16,6 millones de toneladas por cada millón de toneladas de incremento en el consumo de fertilizantes entre 1993 y 2011 (García y González Sanjuan, 2013). La Figura 19 muestra que los rendimientos relativos de los principales cultivos de grano se incrementaron en un 12% por cada millón de toneladas de incremento en el consumo de fertilizantes en el mismo período. Obviamente, otros factores han participado en el incremento de la producción y el rendimiento de los cultivos en este período (mayor área de siembra, genética, otras tecnologías e insumos, mejor manejo de suelos y cultivos, entre otros).

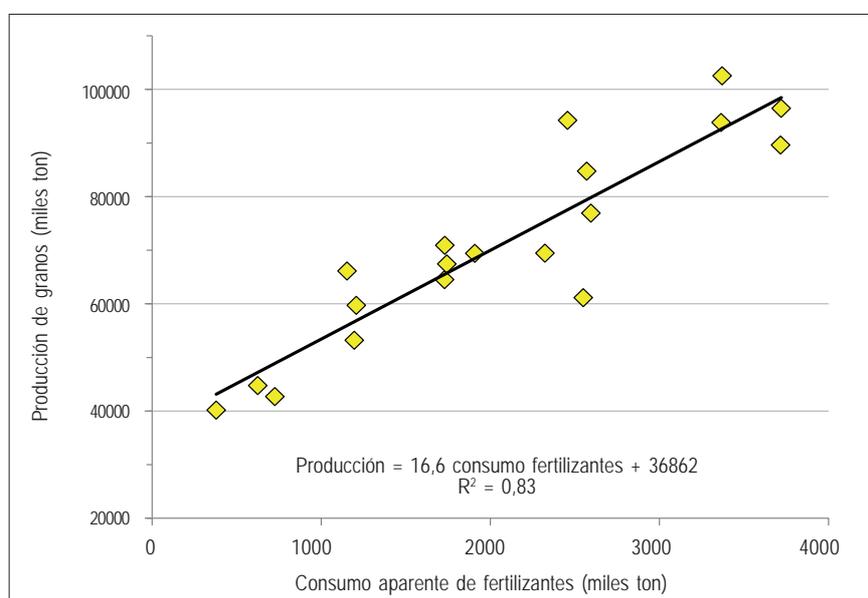


Figura 18. Relación entre la producción de granos y el consumo de fertilizantes en la Argentina entre 1993 y 2011 (García y González Sanjuan, 2013).

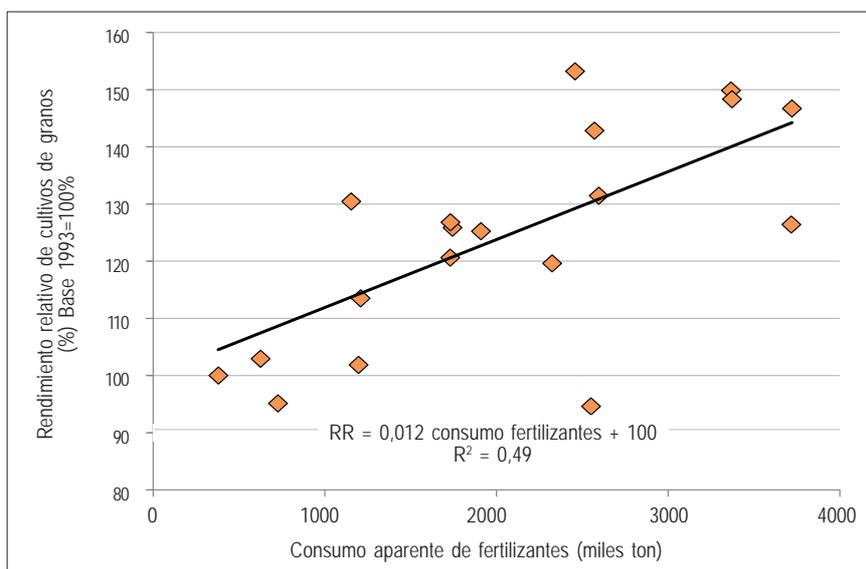


Figura 19. Relación entre el rendimiento relativo de los cultivos de grano (Base 100 para 1993) y el consumo de fertilizantes en la Argentina entre 1993 y 2011 (García y González Sanjuan, 2013).

BIBLIOGRAFÍA

- Campos, M.; S.P. Campos Carles; V. Garré; F. González Besteiro; J. Mayer; L. Micheloud; Pederiva y N. Udaquiola. 2012. Mercado de fertilizantes: La Argentina y el mundo. AACREA. 1ª. Edición. Buenos Aires, Argentina. 96 p.
- García F. y N. Darwich. 2009. La fertilización: Tecnología para sostener la productividad de nuestros suelos. *In: La Argentina 2050: La revolución tecnológica del agro. Hacia el desarrollo integral de nuestra sociedad.* D. Ricci (coord.). 1a. ed. Buenos Aires. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE). pp. 417-445. ISBN 978-987-1563-00-5.
- 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>.
- International Nitrogen Initiative. 2010. Delhi declaration on reactive nitrogen management for sustainable development. <http://initrogen.org/index.php/publications/delhi-declaration>; Verificado 24 Febrero 2012.
- Melgar, R. y M. Torres Duggan. 2015. El mercado de fertilizantes en Argentina y su relación con el sector agropecuario. Pp. 801-813. *En: H.E. Echeverría, y F.O. García (eds.). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos.* Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Norton, R.; E. Davidson and T. Roberts. 2015. Nitrogen Use Efficiency and Nutrient Performance Indicators. Global Partnership on Nutrient Management. Technical Paper 01/2015. <http://www.nutrientchallenge.org/document/position-paper-nitrogen-use-efficiency-and-nutrient-performance-indicators>
- Stewart, W.M.; D.W. Dobb; A.E. Johnston and T.J. Smyth. 2005. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agron. J.* 97: 1-6.

Sutton, M.A.; A. Bleeker; C.M. Howard; M. Bekunda; B. Grizzetti; W. de Vries; H.J.M. van Grinsven; Y.P. Abrol; T.K. Adhya; G. Billen; E.A. Davidson; A. Datta; R. Diaz; J.W. Erisman; X.J. Liu; O. Oenema; C. Palm; N. Raghuram; S. Reis; R.W. Scholz; T. Sims; H. Westhoek & F.S. Zhang with contributions from Ayyappan S., Bouwman A.F., Bustamante M., Fowler D., Galloway J.N., Gavito M.E., Garnier J., Greenwood S., Hellums D.T., Holland M., Hoysall C., Jaramillo V.J., Klimont Z., Ometto J.P., Pathak H., Plocq Fichelet V., Powlson D., Ramakrishna K., Roy A., Sanders K., Sharma C., Singh B., Singh U., Yan X.Y. & Zhang Y. (2013) Our Nutrient World: The challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative. <http://www.nutrientchallenge.org/document/our-nutrient-world>.