

# Balance de nitrógeno y fósforo y sus potenciales consecuencias ambientales en el partido de Benito Juárez, período 2002/2003-2014/2015

*Nabuel Sequeira y Rodolfo Tula*

## Introducción

Los recursos de tierras son frágiles, limitados, no renovables y representan aproximadamente una tercera parte de la superficie total de nuestro planeta. Entre estos recursos se incluye el suelo, reconocido como un componente clave del capital natural (Robinson y Lebron, 2010) y el bienestar humano, que debe ser conservado, y el cual es la base para la sustentación de la vida vegetal y animal.

Dentro del sistema suelo transcurren funciones de gran relevancia, tal es el caso de la regulación del ciclo del agua, la preservación de la biodiversidad y el almacenamiento y reciclaje de carbono y nutrientes (Ferrerías, Toresani, Faggioli y Galarza, 2015). Por todo ello, también resulta fundamental para el desarrollo de las actividades agropecuarias.

Los desafíos que actualmente enfrenta el planeta, como el crecimiento demográfico y la evolución hacia una dieta más rica en proteínas, demandan que la producción agrícola continúe incrementándose (Coppens, Meers, Boon, Buysse y Vlaeminck, 2015), convirtiendo a la obtención de alimentos en el principal factor que ejerce presión sobre el recurso suelo.

Desde hace décadas es reconocido el impacto del agotamiento de los nutrientes del suelo generado por diversas acciones antrópicas (Hale, Grimm, Vörösmarty y Fekete, 2015), destacándose la producción de cultivos (Velde et al., 2014) y sus efectos, ya que se trata de un tipo de actividad que representa una de las principales causas de alteración antrópica de los ciclos globales del N y P.

La mayoría de los suelos dedicados a la producción de granos dentro de la Región Pampeana Argentina (RPArg) se han considerado altamente fértiles en su condición prístina (Lavado y Taboada, 2009) por lo cual la mayor parte de la historia de los cultivos se desarrolló sin el aporte de fertilizantes (Carta, Ventimiglia y Rillo, 2001).

Hasta inicios de la década de 1970 el modelo de producción dominante era la alternancia entre agricultura y ganadería (Pengue, 2001). Los ciclos agrícolas extractivos y exportadores de nutrientes eran intercalados con un ciclo de utilización ganadera-pastoril, la cual resultaba una actividad de extracción muy inferior a la agricultura de cosecha, y permitía restituir al suelo gran parte de la materia orgánica (MO) y la fertilidad nitrogenada. La adopción de un modelo basado en rotaciones, con periodos bajo cultivos anuales y bajo pasturas, logró conservar la tasa de pérdida de fertilidad en niveles moderados.

A partir de la década de 1980 se produjo una expansión de la agricultura con disminución de los periodos bajo pasturas, intensificándose hacia modelos de “agricultura continua” desde principios de la década de 1990. Este proceso denominado agriculturización, fue definido como un continuo y creciente aumento en la superficie destinada a producción agrícola (a costa del desplazamiento de los demás usos del suelo) y se encuentra relacionado a cambios tecnológicos, intensificación ganadera, expansión de la frontera

agropecuaria y a una tendencia de la agricultura hacia el desarrollo de producciones orientadas al monocultivo (principalmente soja o la combinación trigo-soja) y la obtención de mejores rendimientos (Flores y Sarandón, 2002; Sequeira, Vazquez y Sacido, 2017).

Para lograr alcanzar rendimientos elevados, los cultivos necesitan que durante el ciclo productivo exista una elevada disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo (Forján, 2004). Esta disponibilidad resulta afectada, a su vez, por la acción de los cultivos debido a distintas tasas de exportación de nutrientes en grano y la cantidad y calidad de residuos de cosecha, determinando la proporción de nutrientes que son reincorporados al suelo al finalizar cada campaña (Beltran et al., 2016). Estos valores varían de acuerdo con el cultivo y la secuencia productiva evaluada.

Además, cuando en los cultivos se dispone de mejoras genéticas que favorecen potenciales productivos crecientes, los requerimientos aumentan y el déficit de nutrientes representa un factor cada vez más limitante a la productividad (Forján, 2004).

Una elevada participación de la soja en las secuencias productivas puede ocasionar un marcado deterioro físico y químico del suelo, alterando su calidad y generando inconvenientes para su conservación. El cultivo de esta oleaginosa genera una mayor exportación de nutrientes por tonelada (tn) de grano que las gramíneas (Beltran et al., 2016) y se encuentra íntimamente asociado a un resultado deficitario en el balance de N del suelo. Esto es consecuencia de la incapacidad que presenta el cultivo para fijar biológicamente (desde la atmósfera) la totalidad del N que exporta con los granos, lo cual lleva a que el resto del nutriente deba ser obtenido del suelo. Por otro lado, la baja respuesta a la fertilización nitrogenada que ha demostrado la soja en la mayoría de las investigaciones efectuadas descartaría, en la práctica, la posibilidad de mejorar el balance de N a través del aporte de fertilizantes al cultivo (Ferrari, 2010).

Como resultado de la valoración del suelo como uno de los recursos naturales de mayor importancia para el desarrollo de la actividad agrícola, se han perfeccionado diversos indicadores con la finalidad de evaluar su condición estática y dinámica a través del tiempo. Uno de estos indicadores, que facilita la realización de una evaluación de la fertilidad química de los suelos, es el denominado balance de nutrientes (Ferro, Pellegrini, Chamorro, Bezus y Golik, 2016), el cual permite calcular la diferencia entre la cantidad de nutrientes que ingresan y que egresan de un sistema definido en el tiempo y el espacio (Ciampitti y García 2008).

Los balances suelen realizarse para varios nutrientes, entre los que se hallan el N y el P. Esta elección se encuentra basada, al menos en parte, por su importancia dentro de la fisiología vegetal (Lallana y Lallana, 2003).

Considerando el resultado del balance, existen tres conclusiones posibles. En el primer caso, puede presentarse una situación ideal en que el valor alcanzado es igual a cero, indicando que la extracción de los nutrientes del suelo (efectuado por los cultivos por medio de las cosechas) es repuesta mediante fertilización química o mecanismos biológicos (como la fijación biológica de N). Por otro lado, también puede darse un balance negativo, el cual señala el empobrecimiento de nutrientes cuando se realiza la actividad o el cultivo evaluado. Finalmente, es posible obtener un resultado positivo, siendo factible la aparición de contaminación de cuerpos de agua cuando se trata de un nutriente móvil. Sin embargo, si se trata de nutrientes no móviles en un suelo empobrecido, un balance positivo contribuirá a reconstruir la fertilidad edáfica (Ferro et al., 2016).

Un claro ejemplo de las mencionadas modificaciones generadas a partir del proceso de

agriculturización es Benito Juárez, un partido ubicado en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires (dentro de la denominada región pampeana austral), el cual según Sequeira, Vazquez y Zulaica (2015) puede ser caracterizado como un territorio ambientalmente heterogéneo y de explotación mixta, y en donde se evidencia un gran avance de la actividad agrícola en detrimento de otros usos del suelo.

En el citado contexto, el objetivo de este trabajo es realizar un balance aparente de N y P para las campañas 2002/2003 y 2014/2015 en el partido de Benito Juárez, y plantear sus potenciales consecuencias ambientales.

Para ello, se parte de la base de que el nivel de nutrientes varía, principalmente, de acuerdo con los cultivos realizados y la superficie dedicada a cada uno de ellos. Por tal motivo, previo al objetivo propuesto, se dan a conocer algunas de las transformaciones ocurridas con relación a la actividad agrícola del partido para el período evaluado.

## Metodología

Teniendo en consideración lo dificultoso que puede resultar trabajar con balances de nutrientes, se intentó alcanzar una simplificación metodológica. Por lo tanto, se realizó un balance aparente (acotado), ya que no considera las transformaciones sucedidas dentro del sistema suelo-planta, ni las pérdidas gaseosas, por lavado o erosión (Ciampitti y García, 2008). Asimismo, tampoco se tuvieron en cuenta los ingresos generados por el aporte de nutrientes de los residuos de cultivos realizados en un mismo lote, ya que se considera un reciclaje dentro del mismo sistema suelo (Manchado, 2010).

Consecuentemente, como extracción de nutrientes se consideró únicamente aquella generada por la producción en toneladas (tn) de granos; y en el caso de la reposición, se consideraron la superficie sembrada en hectáreas (ha), la aplicación de fertilizantes efectuada en kilogramos por hectárea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), el ingreso de N por precipitaciones (kg) y la fijación de N (kg) llevada a cabo por el cultivo de soja. La información acerca de la producción y superficie se encuentra referida a los cinco principales cultivos agrícolas presentes en el partido.

Por otra parte, en muchas regiones, la fertilización química puede ser considerada como la vía de mayor importancia en relación con la reposición de los nutrientes extraídos. Por lo tanto, realizar una estimación del balance de nutrientes que únicamente incluya como entrada la aplicación de fertilizantes y como única salida los productos de cosecha (en áreas donde las otras salidas son relativamente escasas), resulta ser un correcto indicador de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas (Roy, Misra, Lesschen y Smaling, 2003).

Para concretar el análisis, la metodología aplicada se fundó en una adaptación del indicador de balance de N y P presente en el software Agro-Eco-Index de Viglizzo (2003). Con este fin, se generaron las fórmulas correspondientes, y se estableció una comparación entre los resultados alcanzados a nivel de partido para las campañas 2002/2003 y 2014/2015.

Los datos acerca de los principales fertilizantes empleados, sus dosis de aplicación y la cantidad de N y P aportados por cada uno de ellos, derivó del análisis de entrevistas semiestructuradas realizadas a informantes calificados.

De cualquier modo, es importante remarcar que no se fertiliza el total de las tierras consignadas a cada uno de los cultivos presentes en el partido. Esta información fue obtenida a partir de la evaluación de las entrevistas llevadas a cabo, y concuerda con los valores señalados para la RPArg, según informes elaborados por la FAO (FAO, 2004) y la Asociación Civil Fertilizar (ACF, 2014).

Para el total de información relativa a los cultivos, tal es el caso de la superficie sembrada y toneladas producidas, y datos sobre los valores medios de precipitación en las campañas evaluadas, se acudió a bases de datos del sistema “Datos Abierto Agroindustria” del Ministerio de Agricultura de la Nación (DAA, 2017) e INTA Benito Juárez.

En relación con la ejecución del balance de nutrientes propiamente dicho, en primera instancia, se efectuó un análisis acerca del ingreso y egreso de N, a partir de las siguientes fórmulas:

$$(1) \text{IN} = \text{Ip} + \text{If} + \text{Ifb}.$$

Donde: IN: Ingreso de N; Ip: Ingreso de N a partir de precipitaciones ( $0.6 \text{ kg N} \cdot 100 \text{ mm lluvia}^{-1}$ ); If: Ingreso de N a partir de la aplicación de fertilizantes; Ifb: Ingreso de N por fijación biológica de leguminosas. En este caso se toma el valor asociado a la soja, la cual fija aproximadamente  $0,05 \text{ kg N} \cdot \text{kg grano}^{-1}$ .

$$(2) \text{EN} = \text{Nexp}.$$

Donde: EN: Egreso de N; Nexp: Estimación del N exportado con el producto (en granos) que sale de los establecimientos.

Posteriormente, se procedió a realizar un segundo análisis, en este caso dirigido al ingreso y egreso de P:

$$(3) \text{IP} = \text{If}.$$

Donde: IP: Ingreso de P; If: Ingreso de P a partir de la aplicación de fertilizantes.

$$(4) \text{EP} = \text{Pexp}.$$

Donde: EP: Egreso de P; Pexp: Estimación del P exportado con el producto (en granos) que sale de los establecimientos.

Posteriormente a la obtención de los valores de ingreso y egreso de ambos componentes en estudio, fue posible concretar los balances para cada una de las campañas:

$$(5) \text{Balance de N} = (\text{IN} - \text{EN}) \text{ y Balance de P} = (\text{IP} - \text{EP}).$$

Por último, los resultados conseguidos para ambas campañas fueron contrastados, y de esta forma resultó posible observar la realidad de los niveles de estos dos nutrientes para el partido.

Finalmente, las potenciales consecuencias ambientales fueron abordadas mediante el análisis de trabajos antecedentes sobre el área y la temática en cuestión.

## Principales variaciones en los cultivos y balance aparente de N y P

Según lo dicho por García y Díaz Zorita (2014) para la Argentina, entre 1990 y 2013 la producción de los principales cultivos de grano (soja, maíz, trigo, sorgo y cebada) estuvo a punto de triplicarse, acrecentando el área sembrada en aproximadamente un 100% e incrementándose los rendimientos, según diversos cultivos, entre 13% y 130%.

Desde hace varios años los suelos de la RPArg han sufrido un intenso agotamiento de nutrientes como consecuencia de su historia agrícola (Miretti, Pilatti, Lavado y Del Carmen Imhoff, 2012). Este problema se agrava con el uso de variedades de cultivos de alto rendimiento, que demandan mayor cantidad de nutrientes. Hacia la década de 1990, debido a procesos de erosión de los suelos y la remoción de nutrientes sin reposición por

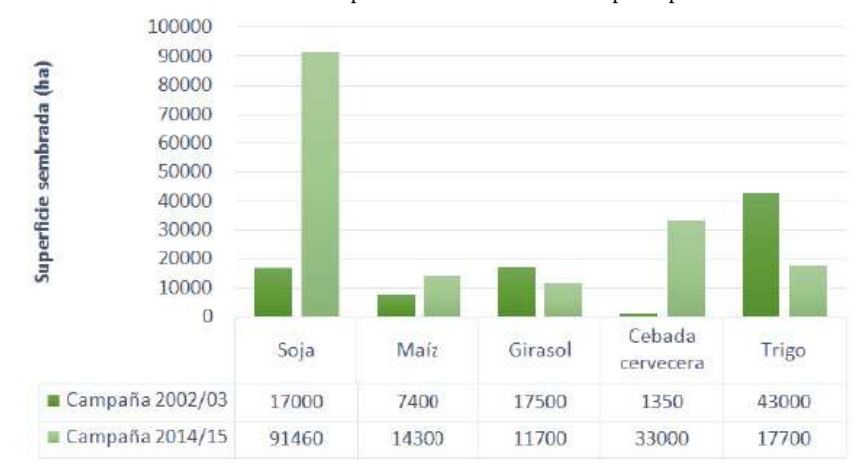
fertilización, comenzaron a mostrar síntomas del empobrecimiento en nutrientes y reducciones en los contenidos de MO (Lavado y Taboada, 2009).

Entre los años analizados para el partido, la agricultura se incrementó un 124,8%, en contraposición a una disminución del 43,41% de la superficie destinada a la ganadería (Sequeira et al., 2017).

En lo que concierne a los cultivos presentes, existen cinco principales que se repiten para ambas campañas evaluadas: soja, maíz, girasol, cebada cervecera y trigo. Sin embargo, se presenta una clara diferencia en cuanto a la superficie dedicada a cada uno de ellos en ambos períodos (Gráfico 1). En el caso de la campaña 2002/2003, se observa un dominio del cultivo de trigo, seguido por girasol y soja, mientras que el maíz y la cebada se encuentran relegados a menores superficies. Al contrario, en 2014/2015 se evidencia la predominancia de la soja y la cebada, y una menor superficie correspondiente a los restantes cultivos (Sequeira et al., 2017).

Por lo que se refiere a los valores de estos cambios, los mayores incrementos fueron los concernientes al cultivo de cebada cervecera (+2344%) y soja (+438%), que se encuentran relacionados, y un aumento del 93,24% del maíz. En contraste a ello, el trigo y el girasol vieron disminuida su superficie en un 58,8 y 33,14%, respectivamente (Sequeira et al., 2017).

Gráfico 1. Variación de las superficies sembradas con los principales cultivos



Fuente: elaboración personal

En la Argentina, la superficie sembrada con cebada cervecera demostró un formidable aumento, debido principalmente a ciertas ventajas agronómicas y de comercialización (Boga, 2014). Considerando las ventajas agronómicas, en los últimos años, este cereal ha sufrido un importante mejoramiento genético que involucró la obtención de cultivares de alto potencial de rendimiento. Por otra parte, resulta eficiente para la realización del doble cultivo, debido a que permite cosechar casi 15 días antes que el trigo y sembrar soja de segunda más temprano (Tomaso, 2004), además de aportar buena cobertura para el suelo.

Con relación a los beneficios de comercialización, fueron determinantes las fluctuaciones en cuanto a los valores de los granos en el mercado internacional. Cuando las estimaciones afirmaban una disminución en el valor del trigo o se conocían restricciones impuestas a su comercialización, aumentaba la superficie sembrada con cebada (Sequeira et al., 2017). Sumado a esto, la venta de este cultivo genera un ingreso en diciembre, momento del año en que el productor no posee otra entrada.

Como resultado de todo lo anterior, Andrade y Satorre (2015) aseguran que se generó una regresión en la superficie destinada al doble cultivo trigo/soja y en gran parte de la RPArg se originó una adopción casi masiva de la cebada como sustituto del trigo. Por este motivo, al aumentar la superficie sembrada con soja de segunda, también comenzó a aumentar aquella implantada con cebada.

Por otro lado, en los últimos años el cultivo de soja se ha convertido en uno de los motores de la economía nacional. Para ello, factores como la expansión de la superficie de tierra destinada a su producción, mayores rindes obtenidos en zonas marginales (derivados de la aplicación de nuevas tecnologías), la suba de los precios internacionales del grano y la mayor demanda mundial de alimento, han sido determinantes y convirtieron a la soja y sus derivados en el principal producto agropecuario nacional (Goytia y Marcolini, 2013).

Esta situación se corresponde con lo mencionado por Trigo (2016) quien establece que, a partir del ingreso de la soja tolerante a glifosato en 1996, en nuestro país se generó un quiebre indiscutible en la tendencia de expansión del área sembrada. Sin ir más lejos, para el período 1971-1996, la tasa anual de aumento del área fue de 3,5%, mientras que para el período 1997-2015, la tasa pasó a ser de 9,4% anual.

Parte de la expansión de esta oleaginosa se debió a la reducción de sus costos de implantación. Cuando se analiza el peso de las variables económicas sobre la utilización de la tierra y la elasticidad de sustitución entre cultivos en la RPArg, la decisión de sembrar algunos como trigo y maíz se encuentra llanamente relacionada con el precio que se espera que logre el producto en el mercado. Opuestamente, para el cultivo de soja cobran relevancia los costos de implantación y producción. Por lo que, mientras estos se reducen, se acrecienta proporcionalmente el área sembrada. Como consecuencia de ello, y dado que la soja es un cultivo muy extractivo de nutrientes, se generaron procesos de degradación y agotamiento que ponen en peligro la sustentabilidad de los sistemas productivos (Zazo, Flores y Sarandón, 2011).

A medida que el proceso de agriculturización fue avanzando, las pérdidas de nutrientes y su costo de reposición fueron en aumento. Esto estuvo asociado al incremento continuo de la extracción de los nutrientes causado, en parte, por la expansión de las superficies sembradas y por otra, por el aumento del potencial de rendimiento de las variedades o híbridos utilizados y a la nula o escasa reposición de nutrientes (Flores y Sarandón, 2002).

Si bien en los últimos años se ha venido observando un claro incremento en la incorporación de fertilizantes nitrogenados y fosforados a los planteos de cereales y, en menor medida, de oleaginosas (Flores y Sarandón, 2002), se trata de un cambio más asociado a la posibilidad de aumentar los rendimientos de los cultivos que a una conciencia acerca de la necesidad de reposición de nutrientes para conservar el capital natural. Además, los balances permanecen generando resultados negativos, por cuanto las reservas en los suelos se reducen afectando la sustentabilidad de los sistemas productivos.

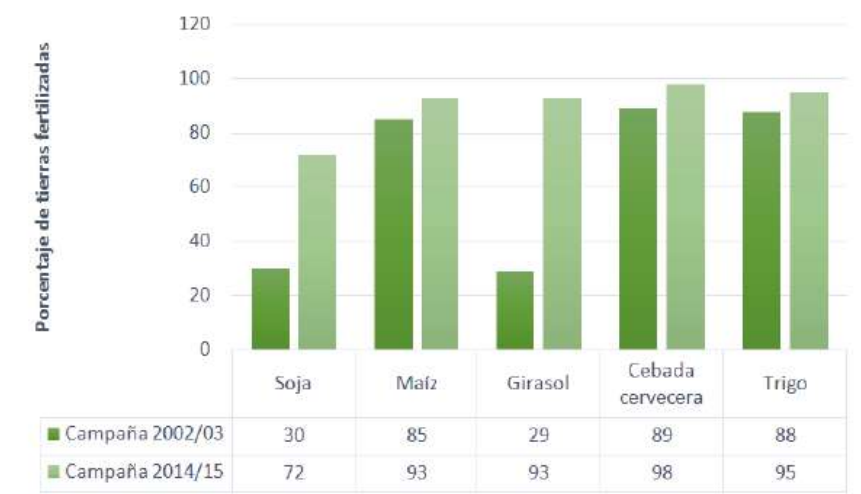
Relacionado a lo anterior y teniendo en consideración entrevistas efectuadas a informantes clave de la zona y trabajos antecedentes se pudo establecer que, en el partido de Benito Juárez, en concordancia con las tendencias observadas en el resto del país, no son fertilizadas la totalidad de las tierras destinadas a la actividad agrícola (García, 2006; Díaz Zorita y Grasso, 2016). Por el contrario, los niveles de la práctica de fertilización varían considerando el cultivo que se evalúe (Gráfico 2).

Se evidencia que en la campaña 2014/2015, los porcentajes de tierras fertilizadas son mayores que en la de 2002/2003 para los cinco principales cultivos desarrollados. Asimismo,

mo, el girasol y la soja se convirtieron en aquellos con el mayor porcentaje de incremento, rondando el 64% y 42%, respectivamente.

Con relación a los fertilizantes aplicados en el partido, se observa que los tres principales son el Fosfato Monoamónico, el Fosfato Diamónico y la Urea (Sequeira y Vazquez, 2016), situación que coincide con la comprobada en el resto del país (García y Salvaggiotti, 2009).

Gráfico 2. Variación en los valores de fertilización de los cultivos



Fuente: elaboración personal

Teniendo en cuenta los datos sobre los principales cultivos (ha sembradas, ha fertilizadas, producción en tn, fijación biológica por parte de la soja), las dosis de aplicación de los diversos fertilizantes empleados ( $\text{kg. ha}^{-1}$ ) y sus aportes de N y P ( $\text{gr. kg}^{-1}$ ), y el promedio anual de precipitaciones (mm), se efectuaron estimaciones acerca de los valores con relación a los ingresos y egresos de nutrientes dentro del partido.

Como consecuencia de ello, es posible determinar resultados deudores que concuerdan con lo planteado por Iglesias et al. (2008) para la Argentina, Manchado (2010) en relación con el sur de la provincia de Buenos Aires, y Sequeira y Vázquez (2016) para el partido de Benito Juárez.

Cuando se analizan los valores de la Tabla 1, se demuestra que tanto el balance de N, como así también el de P, expresan un resultado negativo. En la primera campaña analizada (2002/2003), el N presenta un balance que alcanza un valor de -787,89 tn y el de P es igual a -590,83 tn. Para el caso de la segunda campaña (2014/2015), la deuda de N alcanza un total de -2806,58 tn, mientras que la de P es igual a -1649,09 tn.

En cuanto a los valores de reposición también existen diferencias entre ambas campañas, y los valores hallados se condicen con un decrecimiento promedio del 29,41% en las dosis de fertilizantes aplicadas entre ambas campañas (Tabla 2).

Tabla 1. Balance de Nitrógeno y Fósforo para las dos campañas analizadas

Campaña	Ingreso total N (tn)	Egreso total N (tn)	Balance N (tn)	Ingreso total P (tn)	Egreso total P (tn)	Balance P (tn)
2002/03	4703,12	5491,02	-787,90	313,04	903,87	-590,83
2014/15	12438,04	15244,63	-2806,58	486,31	2135,40	-1649,09

Fuente: elaboración personal

Tabla 2. Dosis de aplicación de los principales fertilizantes empleados en el partido, para ambas campañas

Cultivos	Fertilizantes	Dosis 2002/2003 (kg. ha <sup>-1</sup> )	Dosis 2014/2015 (kg. ha <sup>-1</sup> )
Soja	Fosfato Monoamónico	42,5	30
Maíz	Fosfato Diamónico	85	60
	Urea	127,5	90
Girasol	Fosfato Diamónico	25,5	18
Trigo-Cebada	Fosfato Diamónico	68	48
	Urea	114,75	81

Fuente: elaboración personal

Para la primera se repone un 85,65% del N, del cual solo un 64,91% es de origen antrópico (mediante fertilización) y el 35,09% restante pertenece al ingreso a través de precipitaciones y a la fijación biológica por parte de la soja. Para el caso del P, la reposición alcanza un 34,63%.

Por otra parte, en la segunda campaña se repuso un 81,6% del N (26% mediante fertilización) y un 22,8% del P. Para ambas campañas, la totalidad del P repuesto es a través de la aplicación de fertilizantes.

## Potenciales consecuencias ambientales

Para el caso de las consecuencias ambientales derivadas del balance, las transformaciones en los ciclos de nutrientes pueden llegar a generar efectos de carácter negativo (Bouwman et al., 2013), como por ejemplo un continuo desequilibrio entre los nutrientes aplicados de manera artificial en la actividad agrícola (a través de fertilizantes o estiércol), y aquellos absorbidos por los cultivos (Mekonnen, Lutter y Martínez, 2016), situación a su vez desencadenante de importantes dificultades ambientales. Entre ellas, es posible resaltar algunas como problemas de calidad del agua, incluyendo la eutrofización (con importantes efectos perjudiciales para la salud humana), pérdida de la calidad ambiental y las actividades económicas que dependen de ella (Hale et al., 2015), depreciación de la eficiencia del uso de nutrientes y una disminución del rendimiento de los cultivos (Zhihui et al., 2016).

Más concretamente a nivel de la RPA<sub>Arg</sub>, a raíz de la mencionada intensificación de la agricultura ocurrida en los últimos años, los suelos han sufrido un acelerado agotamiento de nutrientes (Miretti et al., 2012), y se han observado profundas alteraciones dentro de los agroecosistemas, verificándose como algunas de las más destacadas a los procesos de pérdida de fertilidad y erosión exhibidos en las cuencas productivas de mayor importancia en la región (Pengue, 2001; García y Salvagiotti, 2009; Beltran et al., 2016).

En sumatoria a lo anterior, ha sido demostrado un continuo empobrecimiento de los suelos provocado por la disminución del contenido de MO. Esta situación puede ser imputada a la progresiva expansión de las oleaginosas (en su mayoría soja), a los sistemas de labranzas utilizados, a la existencia de una elevada extracción de nutrientes que no han sido repuestos en igual magnitud (Reboratti, 2010) y a una toma de decisiones fundada en el cortoplacismo económico poco propenso a reponer los nutrientes extraídos (Novelli, Caviglia y Melchiori, 2011; Cruzate y Casas, 2012).

En la medida que estos impactos negativos continúan, acontecen procesos de degradación y agotamiento que disminuyen la sustentabilidad de los sistemas productivos.



## Conclusiones

Una de las más trascendentales causas de la degradación del suelo es la pérdida de su fertilidad, como derivación de balances de nutrientes negativos.

Para el partido de Benito Juárez, en las campañas 2002/2003 y 2014/2015, los balances de ambos nutrientes analizados demuestran resultados deficitarios. En este último período existe un aumento en las tn perdidas de N y P, alcanzando valores del 256,21 y 179,11%, respectivamente.

Por consiguiente, se plantea la necesidad de continuar evaluando la situación de los nutrientes en el partido y su evolución en el corto plazo. Y, por otra parte, abordar este problema a partir de estrategias integradas, que no piensen a la fertilidad de los suelos desde una visión únicamente económica, sino también desde una perspectiva que persiga la sustentabilidad de los sistemas de producción.

## Referencias

- ACF (2014). Fertilización en Argentina. *Revista Fertilizar*, (29), 1-36. Asociación Civil Fertilizar (Ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Andrade, J.F. y Satorre, E.H. (2015). Single and double crop systems in the Argentine Pampas: Environmental determinants of annual grain yield. *Field Crops Research*, 177, 137-147.
- Beltran, M.J.; Brutti, L.; Romaniuk, R.; Bacigaluppo, S.; Salvagiotti, F.; Sainz-Rozas, H. y Galantini, J.A. (2016). Calidad de la materia orgánica y disponibilidad de macro y micronutrientes por la inclusión de trigo como cultivo de cobertura. *Ciencia del suelo*, 34(1), 67-79.
- Boga, L. (2014). La nutrición de cebada cervecera en Argentina: Mejores prácticas de manejo de la fertilización. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 14, 19-26.
- Bouwman, L.; Goldewijk, K.; Van Der Hoek, K.; Beusen, A.; Van Vuuren, D.; Willems, J. y Stehfest, E. (2013). Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52), 20882-20887.
- Carta, H.G.L.; Ventimiglia, L. y Rillo, S.N. (2001). El futuro no es lo que era antes. *Informaciones agronómicas*, 11, 50-57.
- Ciampitti, I.A. y García, F.O. (2008). Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. *Revista Horizonte A*, 18, 22-28.
- Coppens, J.; Meers, E.; Boon, N.; Buysse, J. y Vlaeminck, S. (2015). The nitrogen and phosphorus budget of Flanders: a tool for efficient resource management. *1st IWA Resource Recovery conference (RR-2015): Bridging towards the chemical industry*. Ghent, Belgium.
- Cruzate, G. y Casas, R. (2012). Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 6, 7-14.
- DAA. (2017). *Estadísticas agrícolas suministradas por la Dirección de Información Agropecuaria y Forestal*. Ministerio de Agricultura de la Nación, República Argentina. Datos Abierto Agroindustria (en línea). Recuperado de <https://datos.magyp.gob.ar/> (consulta 28 de abril 2017).
- Díaz Zorita, M. y Grasso, A. (2016). Fertilización intensificada de planteos agrícolas. *XXIV Congreso AAPRESID "Resiliar"* (Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa). Rosario, Santa Fe, Argentina, agosto 2016.

- FAO. (2004). *Uso de fertilizantes por cultivo en Argentina*. Roma, Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Ediciones FAO.
- Ferrari, M. (2010). ¿Nuestros actuales sistemas de producción agrícola son ambientalmente sustentables? *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 48, 6-10.
- Ferreras, L.A.; Toresani, S.M.I.; Faggioli, V.S. y Galarza, C.M. (2015). Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. *Spanish Journal of Soil Science*, 5(3), 227-242. doi: <https://doi.org/10.3232/SJSS.2015.V5.N3.04>.
- Ferro, D.A.; Pellegrini, A.; Chamorro, A.; Bezus, R. y Golik, S. (2016). Balance simplificado de nutrientes del suelo en las secuencias trigo/soja 2da y colza/soja 2da. *XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Río Cuarto, Córdoba, junio 2016.
- Flores, C.C. y Sarandón, S.J. (2002). ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? *Revista de la Facultad de Agronomía*, 105, 52-67.
- Forján, H.J. (2004). Balance de nutrientes en secuencias agrícolas de la región sur bonaerense. *INPOFOS. Informaciones Agronómicas*, 21, 8-11.
- García, F. (2006). La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos. *Informaciones Agronómicas*, 29, 13-16.
- García, F. y Salvaggiotti, F. (2009). Eficiencia de uso de nutrientes en sistemas agrícolas del Cono Sur de Latinoamérica. *XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. San José, Costa Rica, noviembre 2009.
- García, F.O. y Díaz Zorita, M. (2014). *La fertilidad de los suelos y el uso de nutrientes en la producción agrícola extensiva de Argentina*. Buenos Aires: PROSA.
- Goytia, M.D. y Marcolini, S.B. (2013). La solidaridad de la soja en Argentina (Soybeans Solidarity in Argentina). *Revista Internacional Administracion & Finanzas*, 6(6), 115-130.
- Hale, R.L.; Grimm, N.B.; Vörösmarty, C.J. y Fekete, B. (2015). Nitrogen and phosphorus fluxes from watersheds of the northeast US from 1930 to 2000: Role of anthropogenic nutrient inputs, infrastructure, and runoff. *Global Biogeochemical Cycles*, 29(3), 341-356.
- Iglesias, D.; Zanotti, N.; Iturrioz, G.; Costa, E.; D'adam, H.; Wiedenhöfer, K. y Vasallo, J. (2008). El balance de nutrientes en la Provincia de La Pampa y sus implicancias económicas. *Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 9, 19-30.
- Lallana, V. y Lallana, M. (2003). *Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Entre Ríos. Recuperado de [www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/fisiologiaveg/m\\_didactico/manual\\_practicas/MacroMicroED.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/fisiologiaveg/m_didactico/manual_practicas/MacroMicroED.pdf) (consulta febrero 2017).
- Lavado, R. y Taboada, M. (2009). The Argentinean Pampas: A key region with a negative nutrient balance and soil degradation needs better nutrient management and conservation programs to sustain its future viability as a world agresource. *Journal of Soil and Water Conservation*, 64(5), 150-153. doi:10.2489/jswc.64.5.150A.
- Manchado, J.C. (2010). La sustentabilidad en la agricultura pampeana: Valoración económica del balance de nutrientes para las principales actividades agropecuarias extensivas en la Región Centro Sur de la Provincia de Buenos Aires. *XLI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria (AAEA)*. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina, octubre 2010.

- Mekonnen, M.; Lutter, S. y Martinez, A. (2016). Anthropogenic nitrogen and phosphorus emissions and related grey water footprints caused by EU-27' s crop production and consumption. *Water*, 8, 1-30. doi:10.3390/w8010030.
- Miretti, M.C.; Pilatti, M.; Lavado, R.S. y Del Carmen Imhoff, S. (2012). Historia de uso del suelo y contenido de micronutrientes en argiudoles del centro de la provincia de Santa Fe (Argentina). *Ciencia del suelo*, 30(1), 67-73.
- Novelli, L.E.; Caviglia, O.P. y Melchiori, R.J.M. (2011). Impact of soybean cropping frequency on soil carbon storage in Mollisols and Vertisols. *Geoderma*, 167, 254-260.
- Pengue, W. (2001). Impactos de la expansión de la soja en la Argentina. Globalización, desarrollo agropecuario e ingeniería genética: Un modelo para armar. *Biodiversidad*, 29, 7-14.
- Reboratti, C. (2010). Un mar de soja: la nueva agricultura en Argentina y sus consecuencias. *Revista de Geografía Norte Grande*, 45, 63-76.
- Robinson, D.A. y Lebron, I. (2010). On the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological economics*, 70(2), 137-138.
- Roy, R.N.; Misra, R.V.; Lesschen, J.P. y Smaling, E.M.A. (2003). *Assessment of soil nutrient balance. Approaches and methodologies*. FAO fertilizers and plant nutrition bulletin 14. Rome, 87 p.
- Sequeira, N.; Vazquez, P. y Zulaica, L.(2015). Consecuencias ambientales de la expansión agrícola en el partido de Benito Juárez (Buenos Aires, Argentina), en el período 2003-2011. *Revista Geoaraguaia*, 5(2), 26-49. Mato Grosso: Universidade Federal de Mato Grosso.
- Sequeira, N. y Vazquez, P. (2016). Balance de Nitrógeno y Fósforo en el partido de Benito Juárez (Buenos Aires, Argentina), período 2003-2011. *I Jornadas Internacionales y III Nacionales de Ambiente*. Tandil, Buenos Aires, Argentina, octubre 2016.
- Sequeira, N.; Vazquez, P. y Sacido, M. (2017). Avance de la agricultura y potenciales implicancias ambientales en el partido de Benito Juárez, Buenos Aires, Argentina, período 2003-2015. *X Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos*. Buenos Aires, Argentina, noviembre 2017.
- Tomaso, J.C. (2004). Cebada cervecera en la Argentina. *IDIA XXI*, 4(6), 210-216.
- Trigo, E.J. (2016). *Veinte años de cultivos genéticamente modificados en la agricultura argentina*. Buenos Aires: ArgenBio (Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología).
- Velde, M.; Folberth, C.; Balkovič, J.; Ciais, P.; Fritz, S. y Janssens, I.A. (2014). African crop yield reductions due to increasingly unbalanced Nitrogen and Phosphorus consumption. *Global Change Biology*, 20(4), 1278-1288.
- Viglizzo, E. (2003). *Manual AGRO-ECO-INDEX*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Zazo, F.E.; Flores, C.C. y Sarandón, S.J. (2011). El “costo oculto” del deterioro del suelo durante el proceso de “sojización” en el Partido de Arrecifes, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6(3), 3-20.
- Zhihui, W.; Jianbo, S.H.; Blackwell, M.; Haigang, L.I.; Bingqiang, Z. y Huimin, Y.U. (2016). Combined applications of nitrogen and phosphorus fertilizers with manure increase maize yield and nutrient uptake via stimulating root growth in a long-term experiment. *Pedosphere*, 26, 62-73.