

PABLO ROBERTO TAMBURRINI

Director: Alejandro Galetto

Resumen del trabajo final entregado como requerimiento parcial para obtener el título de Magister en Agronegocios, Universidad Austral.

MI PRIMER ARTÍCULO

Evaluación económica del balance de nutrientes para los principales cultivos del sudeste de Córdoba: 2007-2010.

La producción de cultivos de granos tiene un papel preponderante en la actividad agrícola mundial. En la actualidad, los sistemas de producción de cultivos de cereales y oleaginosos han provocado cambios de gran magnitud en distintas escalas de análisis. Estas transformaciones, en muchos casos, han llamado la atención sobre la capacidad de mantener la productividad y realizar un manejo sustentable de recursos en esas áreas, abriendo la puerta a un debate amplio sobre las bases funcionales, diseño y manejo de los sistemas productivos modernos (Satorre et al., 2004). La sustentabilidad es un concepto bastante amplio, para el cual han sido propuestas varias definiciones. Probablemente, una de las que mejor sintetiza el concepto es la que establece que la agricultura sustentable se basa en sistemas de producción cuya principal característica es la aptitud de mantener su productividad y ser útiles a la sociedad indefinidamente (Martelotto et al., 2001). Otros autores asumen que la conservación del capital natural es un requisito fundamental de la sustentabilidad y, en consecuencia, el mantenimiento de la fertilidad del suelo es un indicador de la sustentabilidad de los sistemas. Una forma de monitorear el deterioro de la misma en rotaciones agrícolas, es a través del balance de nutrientes (Darwich, 2005).

El balance de nutrientes es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales. (García, 2003).

Las evaluaciones de rentabilidad de explotaciones agropecuarias indican que, generalmente, las empresas más rentables se caracterizan por presentar menores costos, altos rendimientos y mayor atención al manejo de suelos y cultivos. Estas características definen a los productores más eficientes y de mejor manejo empresarial. La fertilización forma parte integral del manejo rentable de los cultivos. Sin embargo, hasta ahora no se

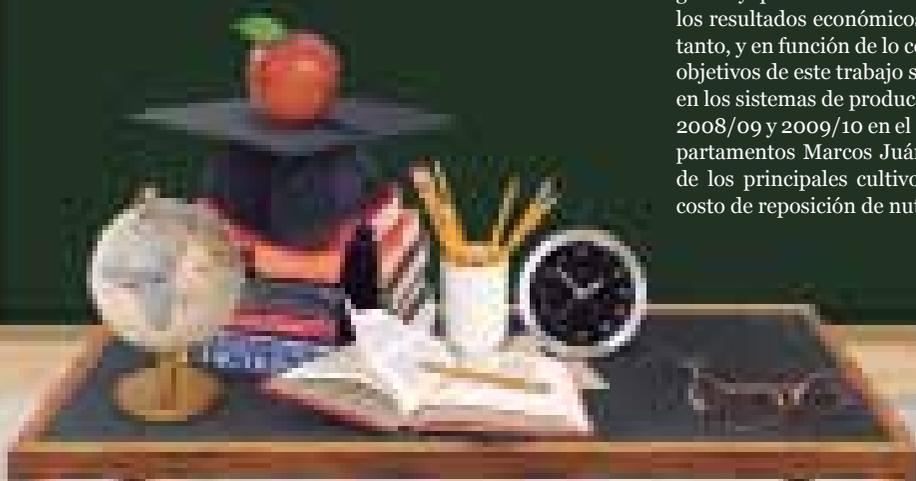
tiene en cuenta el balance de nutrientes y no se realiza un registro sistemático de la eficiencia de producción en la gestión de la producción agrícola.

Los departamentos Marcos Juárez y Unión, ubicados al sudeste de la provincia de Córdoba, forman parte del área más importante de producción agrícola de la Región Pampeana Argentina. A partir de los inicios de la década del '90, en esta Región se han producido notables cambios tecnológicos: la masificación de la siembra directa o labranza cero acompañada por una intensificación en el uso de insumos para la producción agrícola. Estos cambios condujeron a un incremento del área agrícola y, al mismo tiempo, a un importante aumento en el uso de fertilizantes. Sin embargo, al igual que en el resto de la Región Pampeana, este aumento en el uso de fertilizantes no se basó en la idea de restituir aquellos nutrientes removidos por los cultivos sino su conveniencia económica a corto plazo.

Por lo tanto, el incremento en la fertilización de cultivos agrícolas basado principalmente en un análisis económico de corto plazo, podría haber conducido a balances de nutrientes negativos en los últimos años, provocando la degradación del capital natural y, consecuentemente a una baja sustentabilidad del modelo de producción agrícola de la Región.

Los balances de nutrientes negativos conducirán, tarde o temprano, a la pérdida de la capacidad productiva del suelo. Esto plantea la existencia de una supuesta dicotomía o incompatibilidad entre sustentabilidad y rentabilidad, o entre otros aspectos económicos y algunos aspectos ecológicos o ambientales. La disminución del capital natural a través de la fertilidad ha generado, sin dudas un importante costo ecológico, que no ha podido ser cuantificado a través de la metodología económica convencional (Castells y Munda, 1999).

Existen numerosos estudios sobre los balances de nutrientes a nivel país, pero son escasos los que abordan este tema a nivel regional y que consideren su cuantificación económica e impacto en los resultados económicos de las empresas agropecuarias. Por lo tanto, y en función de lo comentado en los párrafos anteriores, los objetivos de este trabajo son: determinar el balance de nutrientes en los sistemas de producción agrícola en las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10 en el Sudeste de la provincia de Córdoba (Departamentos Marcos Juárez y Unión), y analizar la rentabilidad de los principales cultivos (maíz, soja y trigo) incorporando el costo de reposición de nutrientes dentro del análisis económico.



METODOLOGÍA Y DATOS

A) Características de la Región de Estudio:

La “zona húmeda del este” de la provincia de Córdoba comprende las fracciones centrales de los departamentos Marcos Juárez y Unión localizados en el sudeste de dicha provincia, cubriendo una superficie de 11.913 km², equivalente al 7,2% del total de la superficie de Córdoba. (Figura 1).



Los suelos “zonales” son Argiudoles (44%), Hapludoles (10%) y Hapustoles (34%) en las lomas; en los bajos son Natraculfes (3%) y Natralboles (5%). El 93% de las tierras son de aptitud agrícola, correspondiendo un 24% a la Clase I, el 42% a la Clase II y el 23% a Clase III. (RIAN Regional Córdoba, 2006).

La temperatura media anual de 17°C y la amplitud térmica de 14°C, con un período libre de heladas que alcanza los 257 días. La precipitación media anual se distribuye en un rango de 850 mm al Oeste y supera los 900 mm al Este.

Según el Censo Nacional Agropecuario (CNA) 2002 la superficie implantada en primera ocupación en la zona fue de

960 mil hectáreas y registró la existencia de 2.702 explotaciones agropecuarias que cubrían una superficie de 1.083.583 ha y explotaban una superficie media de 401 ha. El 62% de las explotaciones se encontraban en los estratos de 51 a 200 ha (39%) y 201 a 400 ha (23%).

B) Encuesta

Se realizaron encuestas a 48 productores agropecuarios de la zona central (zona húmeda del Este) de los departamentos Marcos Juárez y Unión de la provincia de Córdoba.

La selección de los productores agropecuarios se hizo mediante un muestreo no probabilístico con fines especiales. Se seleccionaron al azar 75 productores agropecuarios sobre una muestra de 300, manteniendo las proporciones de acuerdo a la superficie trabajada.

La encuesta fue administrada a productores y/o asesores responsables del gerenciamento de los establecimientos de manera personal por el autor y el cuestionario estaba formado en su totalidad por preguntas cerradas.

La utilización de la encuesta como medio para recolectar los datos necesarios para la estimación de los balances de nutrientes para cada cultivo y campaña agrícola fue indispensable para poder obtener datos a nivel Regional, en concordancia con los objetivos de este trabajo.

La encuesta fue diseñada con el objetivo de obtener la siguiente información: superficie sembrada, rendimiento obtenido y fertilización realizada por cultivo y por campaña agrícola.

C) Estimación de la entrada de nutrientes

Las entradas de nutrientes se estimaron a partir de los datos que arrojaron las encuestas a 48 productores de la Región. A partir de las mismas se relevó la cantidad de nutrientes aplicados (especificando el tipo y cantidad de fertilizante) para los tres principales cultivos de la Región (soja 1°, maíz y trigo/soja 2°) para tres ciclos agrícolas: 2007/08, 2008/09 y 2009/10. A partir de estos datos, se calculó la superficie fertilizada y la dosis de aplicación para cada tipo de fertilizante (para cada cultivo y ciclo agrícola). Los valores obtenidos fueron luego extrapolados al total del área agrícola de la Región, partiendo de la superficie sembrada con cultivos anuales (datos obtenidos del CNA 2002) y de los datos de rendimientos y superficie relativa sembrada con cada cultivo en cada campaña agrícola proporcionados por la encuesta.

D) Estimación de la salida de nutrientes

Se calculó la salida de nutrientes como aquellos nutrientes removidos por los productos de cosecha (considerando sólo los granos) de los cultivos trigo, soja y maíz.

Del mismo modo que para el cálculo de la entrada de nutrientes, los datos de rendimientos y superficie relativa sembrada con cada cultivo para los tres ciclos

agrícolas se obtuvieron de las encuestas realizadas a los productores de la Región. Luego se extrapolaron los resultados al total del área agrícola de la Región.

E) Cálculo del balance de nutrientes

Se calculó el balance total de N, P, K y S para trigo/soja 2°, soja 1° y maíz como la diferencia entre las entradas y las salidas de N, P, K y S para cada cultivo en cada año considerado. Los balances de N, P, K y S para la Región fueron calculados como el promedio ponderado de los balances de nutrientes en trigo/soja 2°, soja 1° y maíz por su superficie cosechada.

F) Cuantificación monetaria de la extracción de nutrientes

Para el cálculo del costo económico de la extracción de nutrientes de los suelos de la Región se utilizó la metodología del costo de reposición de los nutrientes perdidos. Para ello se calculó a precios de los fertilizantes de abril 2008, 2009 y 2010, el costo de reposición de N, P, K y S a partir de la aplicación como urea (46:0:0), superfosfato triple (0:20:0), cloruro de potasio (0:0:50) y sulfato de calcio (0:0:0:18,6S) respectivamente.

Los precios de cada unidad de N, P, K y S fueron calculados a partir de la composición química y del costo de los fertilizantes de abril de 2008, 2009 y 2010.

Se calculó el valor económico (por ha) de la pérdida de N, P, K y S para cada cultivo y ciclo agrícola del período.

G) Análisis económico incluyendo el costo de reposición de nutrientes

Se analizó la variación de los márgenes brutos de los cultivos más importantes de la región con la incorporación del costo de reposición de nutrientes (N, P, K y S). Para ello se utilizaron secuencias de márgenes brutos históricos para la zona sudeste de Córdoba que fueron adaptadas a los rendimientos y planteos de fertilización promedio que se obtuvieron de las encuestas.

El costo de reposición se calculó considerando los resultados arrojados por los balances de nutrientes para cada cultivo y campaña agrícola, y los costos de fertilizantes utilizados para la cuantificación monetaria de la extracción de nutrientes.

De esta manera, se determinaron los márgenes brutos para cada cultivo y campaña agrícola y se le descontaron los costos de reposición de los nutrientes exportados, obteniéndose los márgenes brutos recalculados. Finalmente, se determinó el porcentaje de variación de dichos márgenes al incorporarse el costo de reposición de nutrientes.

RESULTADOS

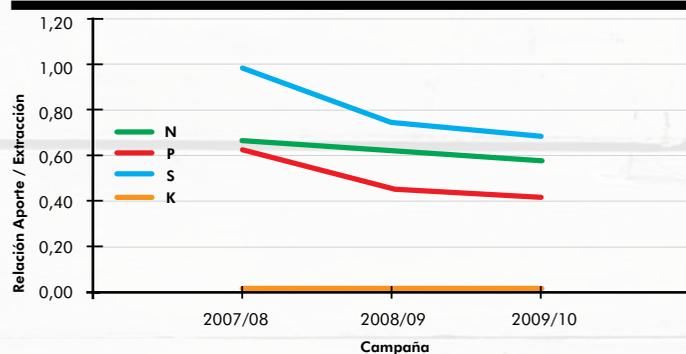
A) Balance de nutrientes

Las entradas de nutrientes por hectárea y por año estuvieron, en promedio, en desequilibrio con la extracción de nutrientes causada por las cosechas de granos. Este hecho condujo, en las tres campañas analizadas, a balances desequilibrados de N, P, K y S para todos los cultivos considerados.

Los valores estimados de aportes por hectárea de N, P, K y S para los cultivos de trigo/soja 2°, maíz y soja 1° durante las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10 mostraron una clara tendencia decreciente en los tres años analizados. El N fue el nutriente aportado en mayor magnitud, luego el P, el S y el K. En todas las campañas agrícolas las mayores dosis fueron aplicadas a trigo/soja 2° y maíz, con una diferencia sustancial con soja de 1°.

Las dosis (kg) de aporte promedio por hectárea calculadas para la región para tres campañas agrícolas fueron menores a las tasas de extracción de cada uno de los cultivos. Este hecho se evidencia en que las relaciones entre aporte y extracción de nutrientes fueron menos que uno para N, P, S y K en las tres campañas analizadas. (Figura 2). Además, quedó demostrado que dicha relación fue disminuyendo con el transcurso de las campañas agrícolas.

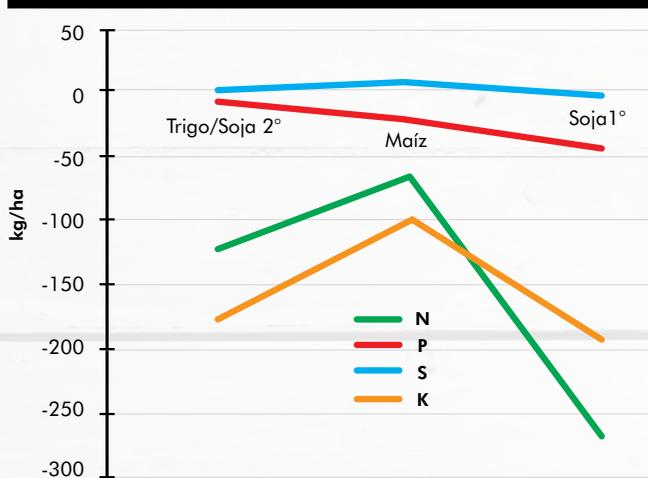
Fig. 2 Evolución de la relación aporte/extracción de N, P, S y K para soja 1°, maíz y trigo/soja 2° en el sudeste de Córdoba entre 2007 y 2010.



Si la relación aporte/extracción se expresa por cultivo y por nutriente, se observa que siempre fue menos que uno para N, P y K; y el S fue mayor que uno en maíz y menor que uno en el resto de los cultivos.

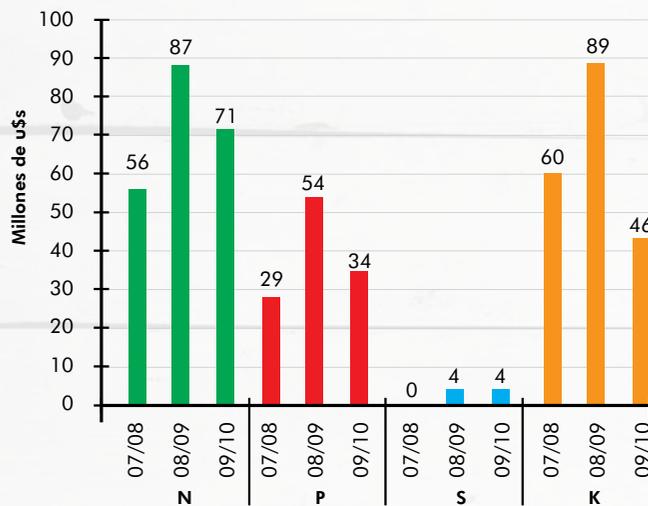
En ningún caso los aportes promedios estimados alcanzaron a cubrir las ex-

Fig. 3 Balance (kg/ha) de N, P, K y S para los cultivos trigo/soja 2°, maíz y soja 1° en las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10.



tracciones de nutrientes realizadas por los cultivos. Por lo tanto, los balances de N, P, K y S de la región fueron negativos para todos los cultivos (Figura 3), notándose que el cultivo que generó una mayor extracción de nutrientes fue la soja 1°, y el de menor extracción fue el maíz.

Fig. 4 Valores (u\$s) exportados por cada nutriente en cada campaña agrícola en la región agrícola de los departamentos Marcos Juárez y Unión.



Asimismo, la extracción de nutrientes, en kg/ha, fue aumentando con el transcurso de las campañas agrícolas. Las causas de este hecho fueron dos: aumento de la superficie relativa de soja y reducción en las dosis de fertilizantes.

Como consecuencia del balance negativo, la región agrícola del sudeste de Córdoba perdió, en el período 2007-2010, 1.092.485 tn de nutrientes (N, P, K y S). El cultivo de soja 1° fue el responsable del 72% de esa pérdida, mientras que trigo/soja 2° y maíz participaron cada uno con el 14%. En ninguna campaña los aportes de nutrientes lograron cubrir las extracciones por parte de los cultivos analizados.

Si analizamos el balance de nutrientes para toda el área agrícola de la Región, se observó una extracción neta de nutrientes acumulada en las tres campañas agrícolas de: 522.808 tn de N, 95.951 tn de P, 17.537 tn de S y 456.190 tn de K.

B) Cuantificación monetaria del balance de nutrientes

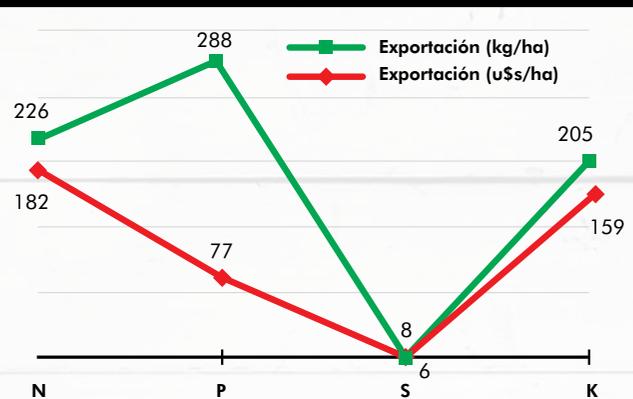
El costo de reposición de los nutrientes extraídos por cosecha en la Región agrícola de los departamentos Marcos Juárez y Unión durante las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10, a precios de abril de 2008, 2009 y 2010, respectivamente, alcanzó un valor total de 535 millones de u\$s.

Como consecuencia de los balances de nutrientes y precios unitarios de los fertilizantes, el costo de reposición de N, P, S y K fue variable en las tres campañas analizadas. Aunque siempre los mayores valores correspondieron a N y K, valores intermedios para el P y los menores valores para el S. (Figura 4).

Si se expresan los valores (u\$s) exportados por cultivo, acumulados en las tres campañas agrícolas para la región agrícola del sudeste de Córdoba, se observa que trigo/soja 2°, maíz y soja 1° extrajeron una cantidad de nutrientes equivalentes a 74 millones de u\$s, 75 millones de u\$s y 386 millones de u\$s, respectivamente.

Otra forma de cuantificar la exportación de nutrientes fue por unidad de superficie (ha). De esta manera, el nutriente que representó la mayor pérdida en términos monetarios durante las tres campañas agrícolas analizadas fue el

Fig. 4 Exportación de nutrientes en los departamentos Marcos Juárez y Unión en las campañas agrícolas 2007/08, 2008/09 y 2009/10 expresado en kg/ha y u\$s/ha.



P, seguido por N, K y S. A pesar de que el N y K en términos de kg/ha fueron exportados en mayor valor que el P, el valor monetario del P generó la mayor pérdida debido a su mayor costo por kg. de nutriente. (Figura 5).

El costo de reposición de nutrientes fue mayor en soja 1° que en maíz y trigo/soja 2° en las tres campañas agrícolas. Los valores de reposición representaron entre el 13% y el 91% de los márgenes brutos, dependiendo del cultivo y campaña. (Tabla 1).

De esta manera, con la inclusión de los costos de reposición, los márgenes brutos se redujeron entre 19 y 91% para trigo/soja 2°, entre 13 y 45% para maíz y entre 37 y 81% para soja 1°, dependiendo de la campaña analizada.

Tabla 1. Margen bruto, costo de reposición de nutrientes y margen bruto recalculado (en u\$s/ha), para los cultivos trigo/soja 2°, maíz y soja 1° en la Región sudeste de Córdoba para las campañas agrícolas 07/08, 08/09 y 09/10.

	Trigo/Soja 2°			Maíz			Soja 1°		
	07/08	08/09	09/10	07/08	08/09	09/10	07/08	08/09	09/10
Márgen Bruto	669	181	326	540	274	349	617	409	427
Costo Reposición	125	165	111	69	123	97	228	330	198
MB Recalculado	544	16	215	472	151	253	389	79	229
% Variación	-19	-91	-34	-13	-45	-28	-37	-81	-46

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de una agricultura sustentable, el manejo de nutrientes en un sistema de producción agrícola debería mantener una relación balanceada entre ingresos y egresos de nutrientes en el mediano y largo plazo, ya que la pérdida de nutrientes es considerada como la principal forma de degradación de los suelos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que el análisis costo-beneficio por medio de un análisis económico tradicional ha enmascarado un costo importante de degradación del capital natural como lo es la pérdida de fertilidad del suelo. En la Región sudeste de Córdoba, se observó

una reducción en la aplicación de fertilizantes durante las campañas agrícolas 2007/08, 2008/09 y 2009/10; esto condujo a balances de nutrientes negativos, y por lo tanto, a la pérdida de sustentabilidad de los sistemas de producción agrícolas de la Región.

La evolución de los balances de nutrientes demostró ser dinámica y variable según el cultivo y la campaña agrícola, pero siempre con valores negativos. En ninguna de las campañas evaluadas los aportes (vía fertilización y fijación biológica de N) alcanzaron a cubrir las extracciones de nutrientes por parte de los cultivos.

De los cultivos analizados, la soja 1° fue claramente el que expresó los balances más negativos en las tres campañas agrícolas, ya que además de ser un cultivo altamente extractivo, recibió un aporte insignificante de fertilizantes.

Los resultados de los balances de N, P y K fueron negativos para todos los cultivos en todos los años evaluados. Destacándose que la magnitud de dicho desbalance fue notablemente mayor en K y N que en P. Por lo contrario, el S mostró un balance levemente negativo o cercano a cero dependiendo del cultivo y de la campaña analizada. Esta situación puede explicarse por el costo relativamente más bajo de los fertilizantes azufrados respecto a los otros.

Con el K ocurre un hecho particular ya que en la Región en estudio no se efectuaron fertilizaciones con este nutriente en ningún cultivo ni campaña. Esto está asociado a que todavía no existen respuestas económicamente positivas a la aplicación de fertilizantes potásicos, ya que los valores de K en el suelo están por encima de los umbrales críticos.

Si se tienen en cuenta sólo los aspectos agroecológicos o de sustentabilidad, la reposición de nutrientes debería buscar un equilibrio en el balance de los mismos y ser independiente de la rentabilidad de los cultivos. Pero, en la práctica, se tiene en cuenta el análisis costo-beneficio a corto plazo y los cultivos que tienen mayor respuesta al agregado de fertilizantes son más fertilizados que los de baja respuesta, sin considerar las tasas de extracción. Este hecho se evidencia en la Región en estudio, donde los cultivos que reciben mejores fertilizaciones y por lo tanto tienen balances de nutrientes más equilibrados son los cereales (trigo y maíz). Por el contrario, la respuesta errática de la soja a la fertilización fosforada ha conducido a la utilización de bajas dosis de fertilizantes y, en consecuencia, a un balance negativo de este nutriente.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que los cultivos pueden utilizar sólo una fracción del fertilizante aplicado. El coeficiente real de uso del fertilizante puede variar con el tipo de fertilizante y cultivo, las dosis aplicadas y el momento de aplicación. Esto sugiere que los déficits de nutrientes pueden ser aún mayores que los calculados.

Del mismo modo que los análisis de costo-beneficio definen las prácticas de fertilización de la Región, han conducido a la reducción de la superficie destinada a la ganadería. Este hecho seguramente aceleró las tasas de pérdidas de nutrientes dado que los sistemas ganaderos son menos extractivos que los agrícolas.

A pesar de que este estudio no tuvo en cuenta la exportación de otros macro y micronutrientes, y el deterioro del suelo por otros factores como erosión y pérdida de materia orgánica, se puede concluir que los sistemas agrícolas de la Región sudeste de Córdoba, y seguramente del resto de la zona núcleo pampeana, presentan una gestión ambiental negativa que puede conducir a una pérdida de competitividad en mediano o largo plazo. La fertilidad de los suelos es un componente significativo de la calidad del recurso de un país e impacta en la productividad, la economía y la sustentabilidad de toda la cadena de valor.

RESUMEN

La provincia de Córdoba, al igual que el resto de la región Pampeana argentina, ha registrado una intensificación de la actividad agrícola con un evidente deterioro ambiental que merece ser analizado y evaluado económicamente. Una alternativa para hacerlo es mediante la cuantificación de la extracción de nutrientes. En este trabajo, se estimó el balance de los cuatro principales macronutrientes y su cuantificación económica, para soja 1°, maíz y trigo/soja 2°, para las campañas agrícolas 2007/08, 2008/09 y 2009/10 en la zona central de los departamentos Marcos Juárez y Unión de la provincia de Córdoba. Luego se determinaron los márgenes brutos de cada cultivo incorporando los costos de reposición de nutrientes.

Todos los cultivos agrícolas analizados mostraron déficit en los nutrientes N, P, K y S, excepto el maíz, que tuvo un leve superávit en S. Del mismo modo que en el resto del país, la soja demostró ser el cultivo que tiene el balance de nu-

trientes más negativo, aun considerando a la fijación simbiótica de nitrógeno.

En la región se exportaron 1,09 millones de toneladas de nutrientes, lo que representó una extracción de nutrientes en toda la región para las tres campañas agrícolas de un valor de 535 millones de dólares. El cultivo de soja 1° fue el responsable del 72% de esa pérdida, mientras que trigo/soja 2° y maíz participaron cada uno con el 14%.

Los valores de reposición representaron entre el 13% y el 91% de los márgenes brutos, dependiendo del cultivo y campaña.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a Alejandro Galetto por su participación y colaboración para la realización de este trabajo.

A María del Carmen Carreras, Roberto Feeney y Osvaldo Bertossi, por sus ideas, aportes y lectura crítica del trabajo.

A los productores agropecuarios del sudeste de la provincia de Córdoba, por su excelente predisposición para responder las encuestas.

A Juan Bencardini, Miguel Bosco y Pedro Pautassi, por su incondicional colaboración para realizar las encuestas.

