



Los sistemas de producción de carne y leche bovina en la Provincia de Buenos Aires ¿conservan los nutrientes del suelo?

Abbona, Esteban^{1,2,5}; Miriam Presutti³; Mabel Vázquez³; Santiago J. Sarandón^{1,4}

¹Curso de Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC31, 1900. La Plata; ²Taller de Integración Curricular I, FCAyF, UNLP. CC31, 1900. La Plata; ³Curso de Manejo y Conservación de Suelos, FCAyF, UNLP. CC31, 1900. La Plata; ⁴CIC, Provincia de Buenos Aires; ⁵eabbona@agro.unlp.edu.ar.

Abbona, Esteban; Miriam Presutti; Mabel Vázquez; Santiago J. Sarandón (2016) Los sistemas de producción de carne y leche bovina en la Provincia de Buenos Aires ¿conservan los nutrientes del suelo?. Rev. Fac. Agron. Vol 115 (2): 251-263.

Una producción agropecuaria sustentable debe ser compatible con la conservación de los recursos naturales, entre ellos el suelo. Un objetivo necesario es la conservación de los nutrientes del suelo, lo cual está influenciado por el modelo de producción realizado. En Buenos Aires existen escasos estudios que analicen el balance de nutrientes de la producción de carne y leche bovina, a pesar que ocupa el 54% de su superficie. En parte esto se debe a que se asocia a la ganadería con la mejora en la fertilidad edáfica, aunque esto puede estar enmascarando una disminución del reservorio de nutrientes. En este trabajo se evaluó el impacto de la producción de carne y leche en la conservación de los nutrientes del suelo en la provincia de Buenos Aires. Se analizó el balance de nutrientes (N, P, K, Ca, S) en la producción de leche (PL) y carne (PC). Se encontró que PL es más extractiva por hectárea en todos los nutrientes que PC. En ambas actividades el balance de nutrientes fue positivo en N y P y negativo en el resto de los elementos, siendo PC el mayor responsable en los excesos y déficit totales. La fijación biológica fue la principal entrada en N y la fertilización en P. Los excesos de N se observaron en toda la provincia mientras que en P sólo en la zona con mayor presencia de tambos e invernada. La sustentabilidad de la ganadería necesita de la reposición de K, Ca y S en toda la provincia y de P en buena parte de la misma.

Palabras clave: cría, invernada, tambo, balance de nutrientes, sustentabilidad.

Abbona, Esteban; Miriam Presutti; Mabel Vázquez; Santiago J. Sarandón (2016) Bovine milk and meat systems production in the Province of Buenos Aires conserve soil nutrients?. Rev. Fac. Agron. Vol 115 (2): 251-263.

A sustainable agricultural production must be compatible with the conservation of natural resources, including soil. A necessary objective is the conservation of soil nutrients, which is influenced by the production model made. In Buenos Aires there are few studies that analyze the nutrient balance of bovine meat and milk production, despite occupying 54% of its surface. In part this is because livestock is associated with improvement in soil fertility, although this may be masking a decrease nutrient reservoir. In this paper the impact of the production of meat and milk in the conservation of soil nutrients in the province of Buenos Aires was evaluated. The nutrients balance (N, P, K, Ca, S) was analyzed in milk (PL) and meat production (PC). PL was more extractive per hectare in all the nutrients than PC. In both activities nutrient balance was positive in N and P and negative in K, Ca and S. PC generated the major total excesses and total deficit. Biological fixation was the main entrance in N and fertilization in P. N excess were observed throughout the whole province while in P only in the area with more dairy farms and fattening cattle. To achieve milk and meat productions sustainability replenishing K, Ca and S is need across all the province and P in much of the same.

Keywords: breeding cattle, fattening cattle, dairy farm, nutrient balance, sustainability

Recibido: 01/06/2016

Aceptado: 11/10/2016

Disponible on line: 15/12/2016

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

Una producción agropecuaria sustentable debe ser compatible con la conservación de los recursos naturales, entre ellos el suelo. En los últimos 25 años se ha tomado conciencia de la importancia de conocer cómo el manejo de los nutrientes en las actividades agropecuarias impacta en la calidad del suelo. A partir de esta preocupación, se desarrollaron diversos estudios de balances de nutrientes tanto a nivel internacional (Bekunda & Manzi, 2003; Oenema et al., 2003; FAO, 2003, 2004a; Gourley et al., 2012) como nacional (Cruzate & Casas, 2003; Viglizzo et al., 2006). En la Argentina, la mayoría de los estudios sobre balances de nutrientes se centraron sobre los principales cultivos agrícolas (trigo, maíz, soja, sorgo, girasol) (Flores & Sarandón, 2003; Cruzate & Casas, 2012; García & González Sanjuan, 2010; Zazo et al., 2011). En general, coinciden en la existencia de un déficit en la reposición de nutrientes, lo que señala que se está induciendo a un minado del suelo (Tan et al., 2005). Sin embargo, es menos abundante la investigación sobre balances nutricionales en la producción de carne y leche bovina, y los resultados no son concluyentes. Mientras Herrero et al. (2006) señalan un exceso en el balance de N y P en 17 tambos de la provincia de Buenos Aires, Viglizzo et al. (2002) analizaron el balance de actividades agrícolas y ganaderas en conjunto, encontraron, a partir de los años 90, balances positivos en N y P en planteos de mayor fertilización. Por lo tanto, es necesario mejorar el conocimiento sobre el manejo de los nutrientes en la ganadería de la provincia con el objetivo de contribuir a estrategias sustentables.

La actividad ganadera de la provincia de Buenos Aires se desarrolla en el 54% de su superficie, aporta el 34 del stock ganadero bovino (MA, 2015) y el 22,2% de la producción de leche a nivel nacional (MAA, 2007a). La producción de carne se realiza a partir de los sistemas de cría, recría e internada que se desarrollan en el 94,2% de la superficie ganadera, mientras que el resto se destina a la producción de leche, distribuida en seis cuencas (MAA, 2007a). En la producción de carne se encuentra una zona con predominio hacia la cría de ganado vacuno en la Depresión del Salado y Laprida y una con énfasis en el engorde (internada) hacia el oeste de la provincia (MA, 2015). Este extenso empleo del recurso suelo para la actividad ganadera confirma la necesidad de conocer el impacto sobre la conservación de los nutrientes del mismo.

La escasa preocupación por el balance de nutrientes de la ganadería puede deberse a que esta actividad ha sido considerada siempre como mejoradora de la "fertilidad edáfica". De hecho, la inclusión de pasturas perennes incrementa los contenidos de materia orgánica, incorpora N por fijación biológica, mejora las propiedades físicas como porosidad, estabilidad de los agregados y biomasa microbiana (Díaz Zorita, 2000; García-Prechac et al., 2004; Lemaire et al., 2014). Sin embargo, esta mejora en las propiedades físicas y biológicas puede enmascarar una disminución de nutrientes del suelo. Para considerar correctamente los flujos que intervienen en el cálculo del balance de nutrientes es necesaria una adecuada delimitación del sistema y distinguir flujos internos de

ganancias/pérdidas netas. Los sistemas de producción de carne y leche presentan diferencias en la alimentación debido a los requerimientos energéticos y nutricionales. En la producción de leche se necesita una mayor calidad de alimento por lo que la superficie destinada a la misma incluye gran proporción de forrajes implantados, tanto perennes (pasturas) como anuales (verdeos o cultivos para silo), recurriendo generalmente a la suplementación con alimentos comprados. En cambio, en la producción de carne este requerimiento disminuye, siendo menor en la cría que en la internada. Por eso, la primera basa su alimentación principalmente sobre pastizal natural, mientras que la segunda incorpora mayor cantidad de pasturas. Estas diferencias en la alimentación entre los sistemas de producción de carne y leche, determinan usos del suelo diferentes para los cuales se emplean distintas tecnologías, como la fertilización. En las salidas también existen diferencias ya que en la producción de carne sólo existe una salida (carne) mientras que en la producción de leche, además de la misma se extrae carne a través de terneros y vacas de descarte. A pesar de conocer estas diferencias en cuanto a entradas y salidas entre estos sistemas de producción, no se sabe sí, transformadas a nutrientes, permiten conservar el reservorio de los mismos en el suelo.

El objetivo del trabajo fue conocer el impacto de los sistemas de producción de carne y leche bovina en la conservación de los nutrientes del suelo de la provincia de Buenos Aires. Se plantean como hipótesis que: a) el sistema de producción de leche extrae más N, P, K, Ca y S que la producción de carne, b) pero, debido a la reposición de nutrientes, presentan balances más equilibrados que los sistemas de producción de carne.

METODOLOGÍA

Estimación de la superficie de cría, recría, internada y tambo

Se consideró la superficie de pastizales y forrajeras anuales y perennes en los 134 partidos de la provincia (Lezama se incluye en Chascomús) (CNA, 2002). Debido a que no se puede discriminar qué recurso forrajero pertenece a la producción de carne (cría, recría o internada) o leche (tambo), primero se determinó qué superficie ocupa la producción de leche en cada partido. Esta se calculó a partir de la cantidad de tambos por partido (CNA, 2002) y de la superficie promedio de los tambos en la provincia de Buenos Aires (Chimicz & Gambuzzi, 2007; MAA, 2007b). Luego se asumió, a partir de consultas a expertos, que la superficie dedicada a tambo está conformada de 10% de pastizal natural y el resto (90%) bajo una matriz de 3 x 2 (pastura perenne x forrajera anual). A partir de esta definición se calculó la superficie de pastizal, pastura perenne y forrajera anual de cada partido dedicado a la producción de leche y luego, por diferencia, a la de carne.

Balance de nutrientes

Para cada partido de la provincia se realizó un balance de nutrientes (N, P, K, Ca y S) para la producción de carne (cría, recría e internada) (PC) y de leche (PL),

tomando como período de referencia el año 2005. El balance se consideró como la diferencia entre las entradas y salidas (extracciones) de nutrientes (Flores & Sarandón, 2003; García & González Sanjuán, 2010; García, 2011), tanto por unidad de superficie como total.

a) Entradas de nutrientes

En ambas actividades se consideraron como entradas los ingresos por fertilización de pasturas y forrajeras anuales (verdeos). En la producción de leche, además se incluyó la alimentación por balanceado, la cual se consideró que provenía de la agricultura.

La fertilización de las pasturas y verdeos se obtuvo de FAO (2004b) y se ajustó mediante consulta a expertos. Para las pasturas se asumió la fertilización sólo en la implantación. Considerando una duración promedio de las mismas de 3 años, la superficie anual fertilizada fue del 33% del total. Para la entrada de N mediante fijación biológica se consideró 86,8 kg ha⁻¹ para pasturas con leguminosas (Milano, 2009) y de 5 kg ha⁻¹ para pastizal natural (Marino & Agnusdei, 2007).

Para la producción de leche se asumió que la alimentación a partir de forraje y silo proviene de las pasturas y verdeos realizados dentro de la propia actividad, por lo que no se consideraron una entrada. Si se incluyeron como entrada los nutrientes del alimento balanceado considerados provenientes de la agricultura. Se asumió una ración diaria de 4,5 kg de balanceado (maíz) por vaca en producción (Mancuso & Terán, 2008; Chimicz & Gambuzzi, 2007).

b) Extracción de nutrientes

En producción de carne se consideró la variación anual de peso de las diferentes categorías de rodeo y un descarte del 20% de la categoría vacas (Tabla 1). En toros se asumió un descarte del 20%. En producción de leche se consideró la salida por leche. Además, se tuvo en cuenta la salida de carne por terneros (180 kg) y por vaca de descarte (20% del total de vacas con un peso de 600 kg).

Tabla 1. Incremento anual de peso (kg año⁻¹) para diferentes categorías de ganado en producción de carne.

Categoría	Incremento anual de peso (kg año ⁻¹)
Terneros/as	170
Vaquillonas 1-2	100 (de 170 a 270 kg)
Vaquillonas + 2 años	100 (de 270 a 370 kg)
Novillitos 1-2 años	180
Novillos + 2 años	100
Vacas	400 kg (peso al momento del descarte)
Toros	600 kg (peso al momento del descarte)

Se consideraron las existencias totales por categoría de rodeo vacuno y de las categorías del rodeo de tambo según CNA (2002). Para obtener las existencias relacionadas a producción de carne se restó a las existencias totales por categoría las existencias para tambo de la misma categoría. En tambo sólo aparece la categoría vaquillonas y no se encuentra separada en las categorías 1-2 años y + 2 años, por lo cual se asumió que del total de vaquillonas el 60% correspondía a la categoría de 1-2 años y el 40 % a la de más de dos años. En producción de carne se consideró que un 20% de las terneras y vaquillonas correspondía a reposición interna, con lo cual no formaron parte de la extracción de carne anual en esas categorías, pero se tomaron en cuenta en la salida de vacas de descarte (20% del total de vacas). La composición química de la carne se obtuvo de García (2006) y Fontanetto et al. (2011).

Para estimar la salida de nutrientes por la producción lechera se calculó para el año 2005, un promedio de producción para cada cuenca lechera (MAA, 2007b), que luego se utilizó para determinar la producción de leche de cada partido en función de las vacas en producción (CNA, 2002). La composición química de la leche se obtuvo de Taverna (2007) y Gourley et al. (2012).

Generación de mapas temáticos

Con las superficies calculadas, se generaron puntos aleatorios en cada partido (un punto cada 10.000 ha) y a todos los puntos dentro de un mismo partido se les asignó el mismo valor de la variable a mapear. Los mapas, realizados en un entorno SIG, se generaron utilizando una interpolación inversamente proporcional a la distancia con los seis vecinos más cercanos, con el fin de obtener una superficie continua de valores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extracción de nutrientes

Extracción por unidad de superficie (ha)

La extracción de nutrientes promedio de la actividad ganadera (carne y leche) por ha fue de 3,9; 0,9; 0,4; 1,7 y 0,2 kg año⁻¹ para N, P, K, Ca y S, respectivamente. Esta se aproximó a la extracción de PC (Figura 1) debido a que ocupa la mayor parte de la superficie ganadera (94,2%). La extracción de PL fue 4,3; 3,6; 17,5; 2,6 y 5,5 veces superior a la de carne para N, P, K, Ca y S, respectivamente. Estos resultados confirman la primera hipótesis que la producción de leche es más extractiva en todos los nutrientes que la producción de carne. En PL la salida de leche contribuyó al 78; 73; 95; 66; y 84% de las extracciones de N, P, K, Ca y S, respectivamente, siendo lo restante debido a carne (terneros y vacas de refugio). Estos valores de extracción debido a la leche son similares a los encontrados por Gourley et al. (2012) para N, P y K (82, 74 y 94%, respectivamente) pero mayor en S (52%). La extracción por carne de los distintos nutrientes en PL fue en promedio un 10% menor que en PC, lo que muestra una paridad entre ambas actividades en cuanto a la producción de carne. Las cantidades relativas de N y P extraídos por carne y leche en

tambos fue menor que la hallada por Herrero et al. (2006) en la provincia, pero similar a la encontrada por Gourley et al. (2012) para 41 tambos de Australia.

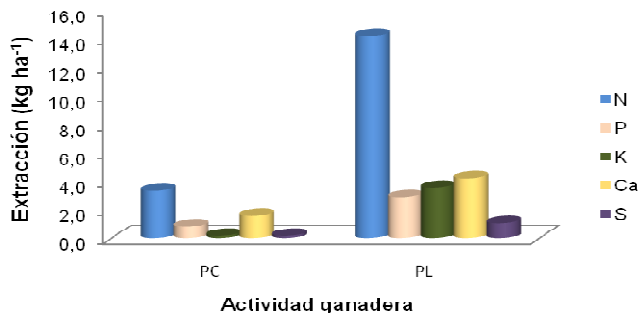


Figura 1. Extracción anual de nutrientes por unidad de superficie ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en producción de carne (PC) y leche (PL), en la provincia de Buenos Aires (año 2005).

En ambas actividades el N fue el nutriente más extraído seguido del Ca. El tercer nutriente dependió del tipo de producción: fue P en carne y K en producción de leche. El S fue el nutriente menos extraído en ambas actividades (Figura 1).

Extracción total

La mayor extracción total de N, P, Ca y S estuvo determinada por la producción de carne, mientras que la producción de leche fue responsable de la mayor salida de K (Figura 2). A pesar de la diferencia de superficie entre ambas actividades, PL contribuyó al 19, 16, 55, 13 y 24% de las extracciones totales de N, P, K, Ca y S respectivamente. El N fue el nutriente más

extraído por la actividad ganadera en su conjunto, siendo 2, 4, 11 y 21 veces superior a Ca, P, K y S.

Distribución espacial de las extracciones

La extracción de los diferentes nutrientes por hectárea fue sumamente variable entre los diferentes partidos de la provincia (Figura 3 a, b, c, d, e). En todos los nutrientes se observó una mayor extracción por hectárea en la zona noroeste, norte y sudeste de la provincia, que se corresponde con las cuencas lecheras Oeste, Abasto Norte y Abastos Sur y parte de Mar y Sierras (MAA, 2007c).

La mayor extracción de nutrientes por hectárea y total se observó en la zona sudeste a noroeste (Figuras 3 y 4 a, b, c, d, e). La misma es una zona fuertemente ganadera, tanto de tambo como, dentro de la producción de carne, de invernada.

La extracción total de nutrientes se incrementó de noreste a sudoeste y de este a oeste (Figura 4 a, b, c, d, e). Por un lado, esto coincide con el reemplazo dentro de la actividad de PC desde una producción de cría hacia una de invernada, la cual genera una mayor producción de carne por hectárea (salida) (MA, 2015). Además, hacia el noroeste y en el sudeste se encuentran dos zonas de importante desarrollo de producción lechera.

Balance de nutrientes

Balance por unidad de superficie (hectárea)

La diferencia entre el ingreso y egreso de nutrientes en las actividades ganaderas (producción de carne y leche) determinó un balance por hectárea positivo para N y P pero negativo para K, Ca y S (Figura 5). El exceso de N y P en la producción de leche coincide con lo encontrado por Herrero et al. (2006) en tambos de la provincia de Buenos Aires. El balance positivo de N fue favorecido principalmente por el ingreso vía fijación biológica (70%) seguido de la fertilización nitrogenada (16%) y por el consumo de alimento balanceado (14%).

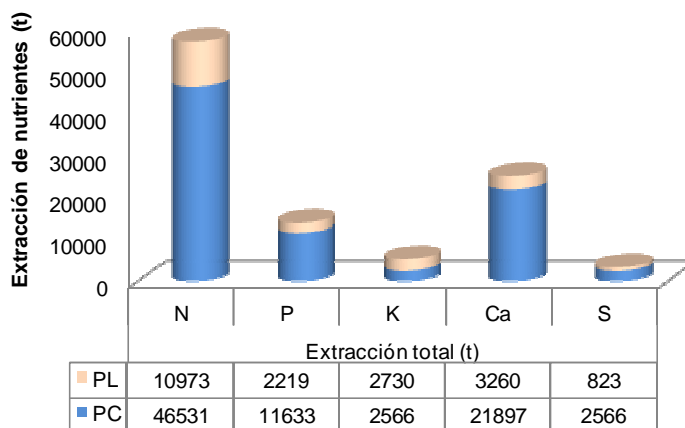


Figura 2. Extracción total de nutrientes (t año^{-1}) en producción de carne (PC) y leche (PL) de la provincia de Buenos Aires (año 2005).

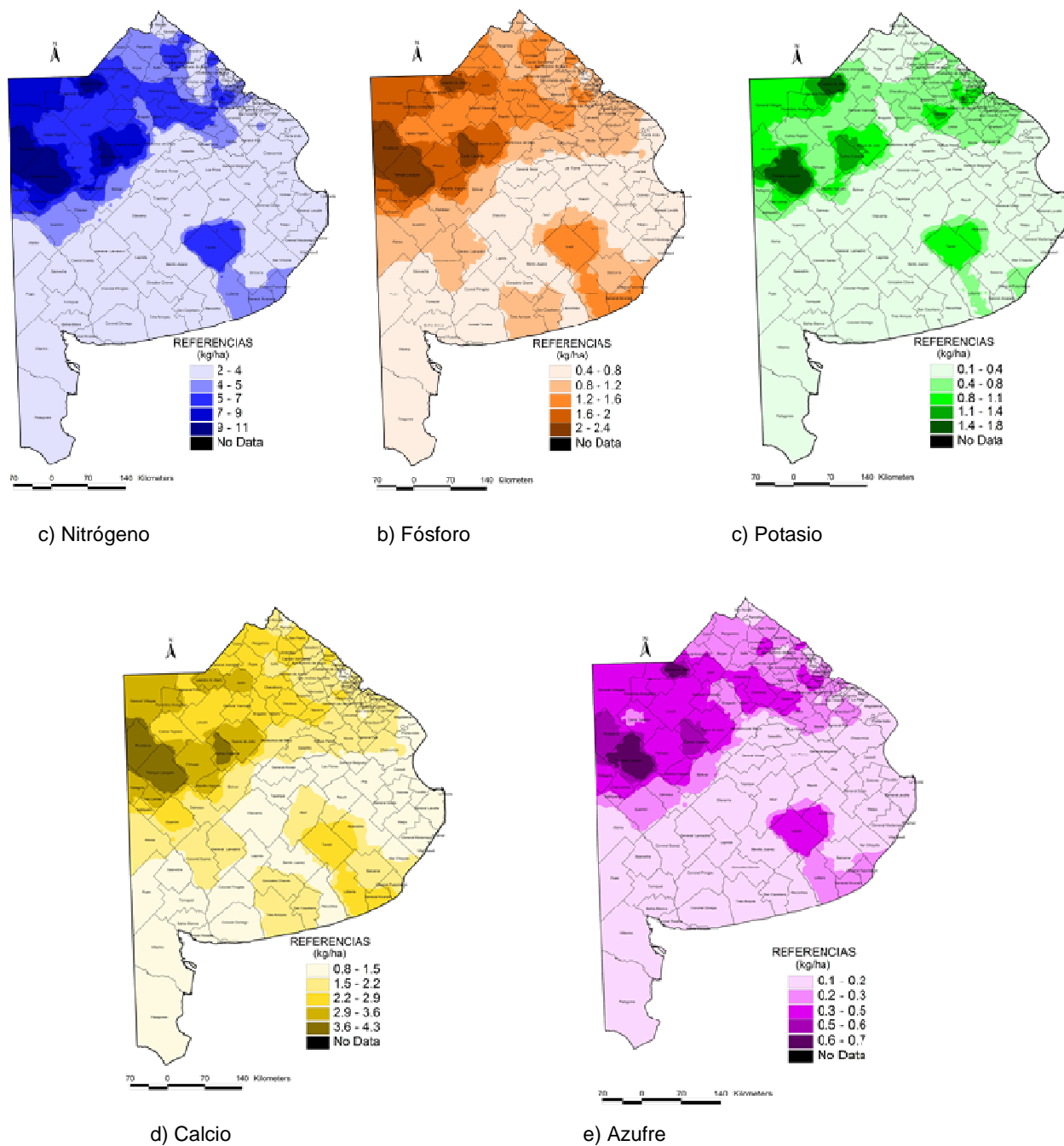
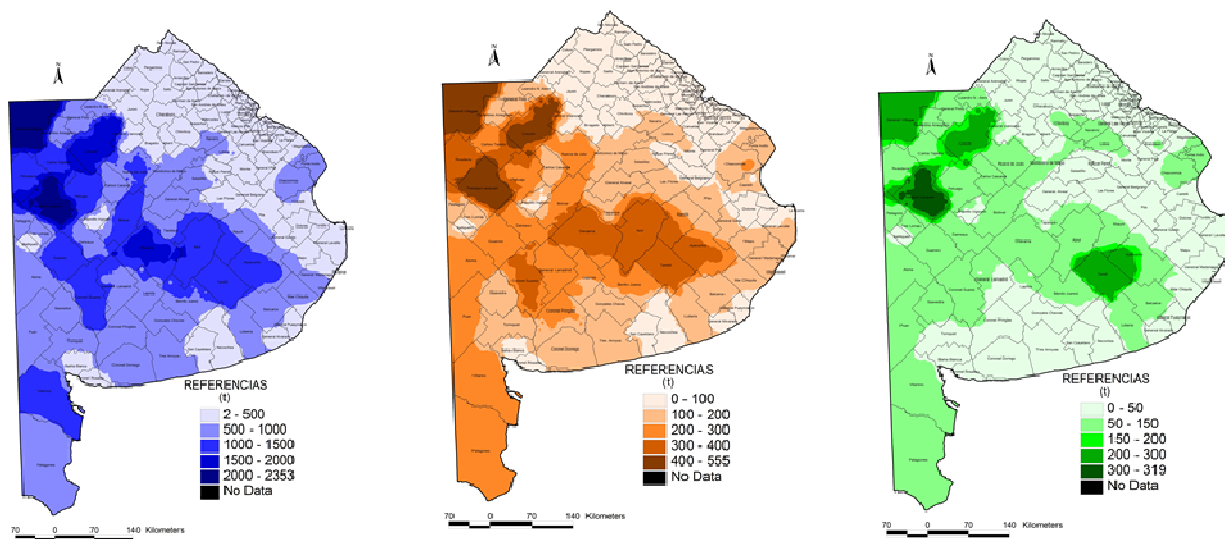


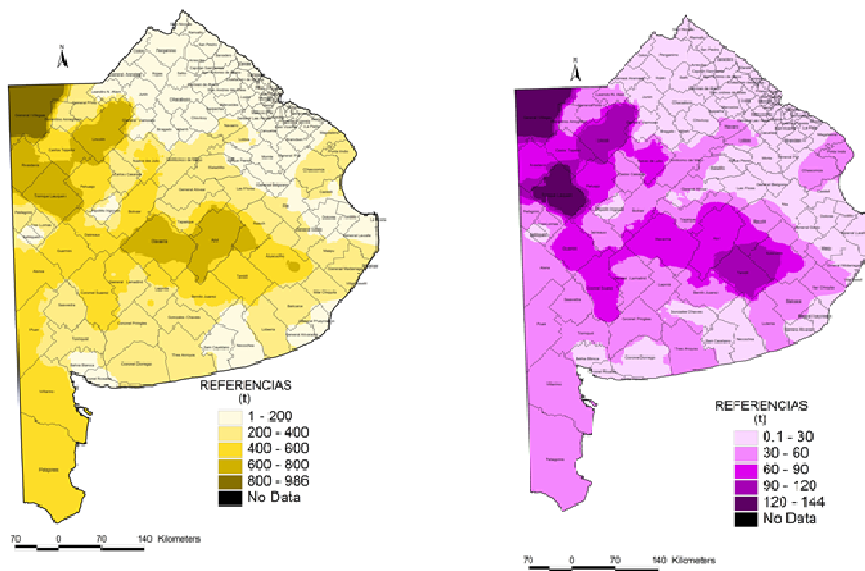
Figura 3. Extracción anual de nutrientes por unidad de superficie ($\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) de: a) nitrógeno (N), b) fósforo (P), c) potasio (K), d) calcio (Ca), e) azufre (S), generado por la producción de carne y leche en la provincia de Buenos Aires (año 2005).



c) Nitrógeno

b) Fósforo

c) Potasio



d) Calcio

e) Azufre

Figura 4. Extracción total ($t\ a\tilde{n}o^{-1}$) de: a) nitrógeno (N), b) fósforo (P), c) potasio (K), d) calcio (Ca), e) azufre (S), debido a la producción de carne y leche de la provincia de Buenos Aires (año 2005).

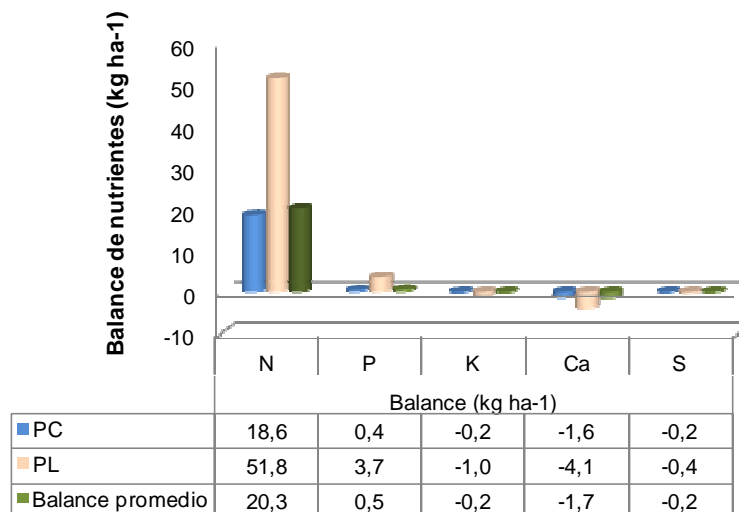


Figura 5. Balance de nutrientes ($\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) en producción de carne (PC) y producción de leche (PL) en la provincia de Buenos Aires (año 2005).

Estos valores son diferentes a lo encontrado por Herrero et al. (2006) donde, según el tamaño del establecimiento, el ingreso de N por alimento balanceado fue similar a la fijación biológica y menor que por fertilización. También son diferentes a lo encontrado por Gourley et al. (2012) quienes señalaron un 43% del ingreso de N por los fertilizantes, 40 % por los alimentos comprados y sólo un 16% por fijación biológica. En los sistemas de producción de carne un 90% del N ingresó por fijación biológica y un 10% por fertilización. Sólo el aporte de N por fijación permitiría reponer el N extraído en la producción de carne tanto en la cría, que basa su mayor producción en pastizales naturales, como en la invernada, la cual incorpora una mayor proporción de pasturas. Balances positivos de N debido a la presencia de pasturas leguminosas habían sido reportados por Viglizzo et al. (2002).

Como la base forrajera de la ganadería es el pastizal natural y las pasturas a base de leguminosas, el N registró balance positivo en casi la totalidad de los partidos de la provincia tanto en la producción de leche, como de carne y en el promedio (Figura 6 a, b, c). En los sistemas de producción de leche se encontró la mayor cantidad de partidos con exceso del N (Figura 6a), debido a la mayor utilización de pasturas a base de leguminosas que poseen mayor fijación biológica que el pastizal. La causa de ello es la mayor proporción de pastizales sobre las pasturas en PC, lo que determina menores excedentes de N (Figura 6b). Al considerar el balance promedio, el menor exceso de N se registró en las zonas de la Depresión del Salado y Laprida (Figura 6c), coincidiendo con la zona de mayor actividad de cría (MA, 2015).

En los sistemas lecheros el mayor ingreso de P fue por fertilización (71%) seguido por el alimento balanceado (29%), constituyendo ambos una reposición del 226%. La proporción de P ingresado por balanceado fue menor al encontrado por Herrero et al. (2006) y Gourley et al. (2012). Como al menos el 60% de la superficie de PL se fertiliza anualmente (implantación de pasturas +

verdeos), todos los partidos presentaron balances positivos de P (Figura 7a). En PC el ingreso de P fue sólo por fertilización. A causa de ello se encontraron balances positivos en el oeste, sudoeste y sudeste, donde hay mayor presencia de pasturas perennes y verdeos vinculados a la invernada, y negativo en el resto de la provincia, donde predomina la cría sobre pastizal natural (Figura 7b). Al considerar ambas actividades y la superficie relativa que ocupa cada una, se encontró un balance negativo en la zona central de la provincia (Depresión del Salado y de Laprida) donde se desarrolla con mayor exclusividad la cría sobre pastizal natural, y levemente positivo en el resto de la provincia.

Los balances negativos de K, Ca y S (Figura 5) señalan que los sistemas ganaderos de la provincia de Buenos Aires afectan negativamente el recurso suelo mediante una pérdida de su dotación de nutrientes. En estos nutrientes sólo se registraron ingresos en PL a partir del balanceado, que alcanzaron a reponer el 67,1; 2,2 y 49,9% de K, Ca y S, respectivamente. Estos valores encontrados difieren de los balances en tambos de Australia donde por fertilización y alimento balanceado se generan balances promedio positivos en K de 74 kg ha^{-1} , llegando en algunos casos a valores de 452 kg ha^{-1} (Gourley et al., 2012). El K, Ca y S registraron un balance negativo en toda la provincia debido a PC y PL (Figura 8 a, b y c). Los balances más negativos se registraron en la zona noroeste y oeste, que coincide con una zona con predominio de tambos y, dentro de la PC, de invernada. Siendo que la actividad de PC sólo incorpora P y N por fertilización mineral, el 94,2% de la superficie ganadera está generando una disminución del stock de K, Ca y S, evidenciando un riesgo a la sustentabilidad.

Los resultados encontrados descartan lo planteado en la segunda hipótesis ya que la producción de leche genera mayores excedentes en N y P, pero mayores déficits en K, Ca y S que la producción de carne.

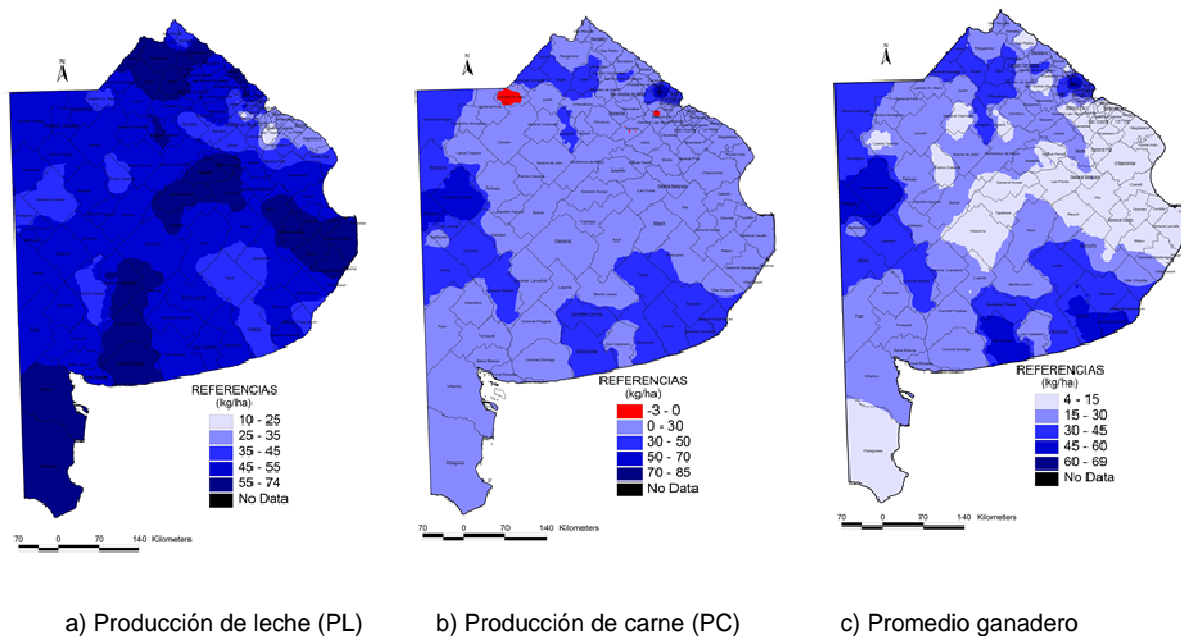


Figura 6. Balance de nitrógeno ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en: a) producción de leche (PL), b) producción de carne (PC) y c) promedio ganadero, en la provincia de Buenos Aires (año 2005).

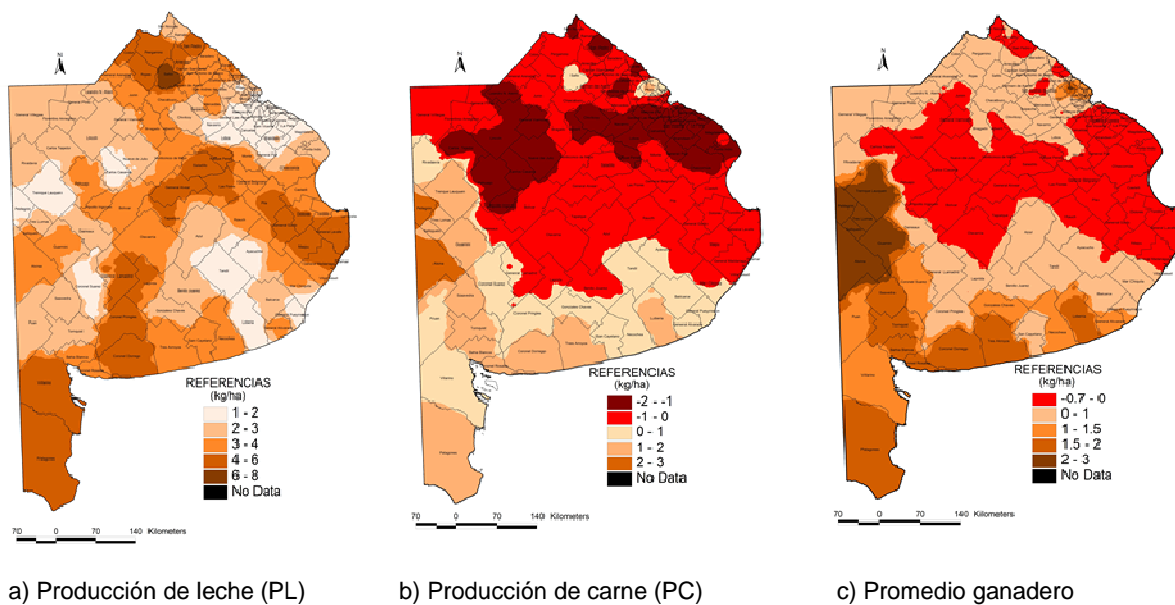


Figura 7. Balance de fósforo (P) ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en: a) producción de leche (PL) y b) producción de carne (PC) y c) promedio ganadero, en la provincia de Buenos Aires (año 2005).

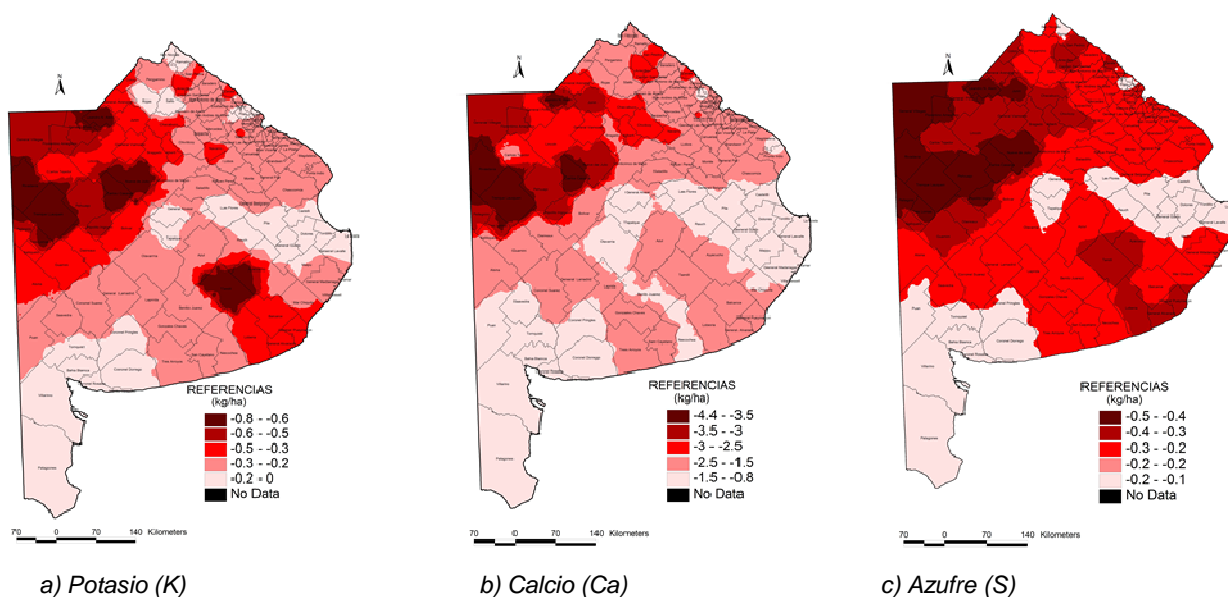


Figura 8. Balance promedio ($\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) de: a) potasio (K), b) calcio (Ca) y c) azufre (S), en la producción de carne y leche de la provincia de Buenos Aires (año 2005).

Balance total

La producción de carne fue la responsable de los mayores excedentes totales de N y P y de los mayores déficits de K, Ca y S (Figura 9).

Los mayores excedentes totales de N se registraron desde la zona centro hacia el oeste y sudeste de la provincia (Figura 10 a), coincidiendo con una mayor presencia de pasturas perennes a base de leguminosas. En la zona noreste, centro y este se registró el menor excedente total de N. El mayor déficit total de P se presentó en la zona de la Depresión del Salado y Laprida (Figura 10 b). En K, Ca y S se encontró que las zonas que presentaron tanto mayor como menor déficit fueron similares. Siendo las zonas centro y noroeste las que tuvieron los mayores déficit, disminuyendo en el suroeste, sudeste y con menor déficit en el centro este y norte (Figura 10 c, d, e). La alfalfa se destaca como especie implantada en pastura en la zona noroeste y oeste, tanto en la producción de leche como en invernada. El déficit encontrado en Ca en esta zona hace suponer un riesgo para el crecimiento de esta especie así como de otras leguminosas que son muy demandantes de este nutriente (Gelati & Vázquez, 2008).

DISCUSIÓN GENERAL

El manejo de los nutrientes tanto en los sistemas de producción de carne como en los de leche en la provincia de Buenos Aires presenta riesgos para la sustentabilidad, debido al potencial agotamiento de los suelos en K, Ca y S, así como de P, en la mayor parte de su superficie.

Si bien es conocido que la ganadería, a partir de la incorporación de pasturas, puede restaurar algunos aspectos de la fertilidad del suelo como la materia orgánica, las propiedades físicas y biológicas (Díaz Zorita, 2000; García-Prerchac et al., 2004; Lemaire et al., 2014), puede conducir a la disminución del contenido de varios nutrientes edáficos como K, Ca y S. Este deterioro es a veces difícil de percibir debido a la mejora en la física y biología del suelo que, en general, se traduce en un mejor crecimiento de los cultivos que suceden a una pastura. Además, como los suelos con pasturas reciben fertilización nitrogenada y fosforada, en general permiten reponer los macronutrientes extraídos en las producciones. Al ser estos nutrientes jerárquicamente definitorios del crecimiento de los cultivos no permiten percibir el agotamiento del resto de los nutrientes que, de continuar en el tiempo, pueden condicionar la producción. La superficie con pasturas y verdeos llega hasta en un 30% del total ganadero provincial, por lo tanto el 70% de la superficie ganadera está sufriendo degradación en K, Ca, S y, además, en P.

La producción de leche es una actividad más extractiva que la de carne y, a pesar de contar con mayores ingresos de nutrientes por diferentes vías, no alcanza a reponer todos los nutrientes extraídos. La cuenca lechera del oeste que genera el 59% de la producción provincial, junto con la de Mar y Sierras (10%) (MAA, 2007a), registran los mayores déficits en K, Ca y S. La pérdida de K y Ca, elementos asociados a la basicidad edáfica, provoca problemáticas derivadas de la acidificación (Gelati & Vázquez, 2008), modificando las condiciones de disponibilidad de algunos nutrientes lo que afecta el crecimiento de los cultivos. La alfalfa, un recurso forrajero por excelencia en la zona tambera y de invernada del noroeste condiciona su instalación y

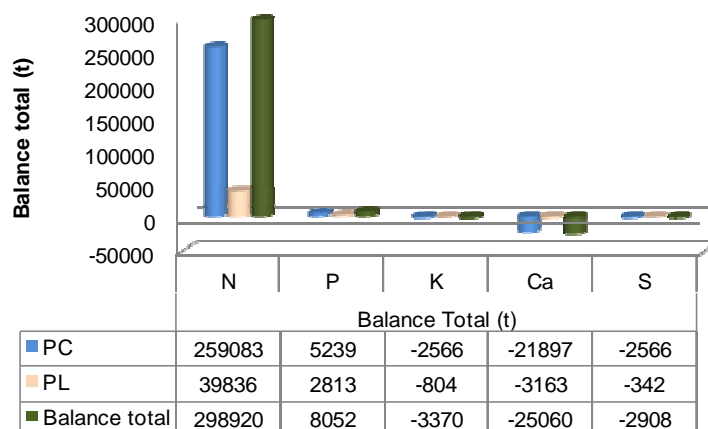


Figura 9. Balance total de nutrientes (t) por producción de carne (PC) y producción de leche (PL) en la provincia de Buenos Aires (año 2005).

crecimiento por la acidificación de los suelos (Vázquez et al., 2004).

En los últimos años se ha encontrado una tendencia hacia una mayor suplementación del rodeo de tambo a partir del ingreso de alimentos provenientes de otras actividades. El mayor ingreso de alimento, por lo tanto de nutrientes, puede mejorar los balances negativos de K, Ca y S, llegando a ser positivos como en Australia (Gourley et al., 2012). En este nuevo escenario de mayor suplementación con alimento proveniente de superficie externa a los tambos, para lograr sistemas de producción de leche sustentables, será necesario incorporar en los cálculos de balance de nutrientes esa superficie agrícola dedicada a la producción de granos destinada a la alimentación del rodeo de tambo. Si esta superficie registra balances negativos, en un futuro se verá comprometida la producción de granos y, por lo tanto, también se verá afectada la producción de leche.

La producción de carne y leche comparten los mayores excedentes de N por la inclusión de pasturas a base de leguminosas y la fijación del pastizal. Los valores de fijación asumido se encuadran dentro de valores mencionados por Cabrini & Calcaterra (2009) y Manchado (2010) para la región. El excedente de N, si bien es de origen biológico, puede generar externalidades a través de la lixiviación o desnitrificación, aspectos que son necesarios profundizar en futuras investigaciones, a fin de evitar consecuencias ambientales negativas.

El excedente de P que se genera por fertilización de las pasturas y verdes presenta menos riesgos ambientales, por un lado, por su baja solubilidad, incluso puede ser aprovechado años después de su incorporación y debido, a que dichos excesos son menos elevados ($3,7 \text{ kg ha}^{-1}$ en producción de leche y $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ en carne) comparadas con las encontradas por Gourley et al. (2012). En la cría, la baja superficie con pastura implantada, determina balances negativos de P, aunque debido a que el pastizal natural es el principal recurso forrajero y ocupa el 70% de la

superficie ganadera, será necesario generar estrategias de reposición.

En este trabajo se asumió que las deyecciones de los animales permanecen dentro del sistema de producción de carne y leche. Si bien se conoce que una parte del retorno de nutrientes por heces y orina se pierde por lixiviación o volatilización, por dificultad en su cálculo, las mismas fueron omitidas. En ambas producciones estas pérdidas son más importantes en N. Aunque en la producción de leche un inadecuado manejo de los efluentes también puede generar pérdidas internas del resto de los nutrientes (P, K, Ca, S) por acumulación y/o lixiviación. Los flujos debido a las deyecciones han sido estudiados a nivel de establecimientos, tanto en tambos (Herrero et al., 2006; Diez, 2010) como en sistemas de producción de carne (Díaz Zorita, 2000). Los estudios demostraron grandes transferencias de nutrientes entre sectores dentro de los campos, sin una adecuada redistribución posterior. Es necesario complementar el análisis de este trabajo incorporando flujos internos para detectar transferencias de nutrientes entre regiones dentro de una misma actividad o incluso hacia otras actividades.

El análisis de balances de nutrientes a escala regional, permite detectar problemas, no visibles a escala predial. En el caso del P, aunque se encontró un balance positivo general (Figura 5) se detectó una gran superficie de la provincia con balances negativos (Figura 7c). De asumir sólo el valor general se puede afirmar que se está incrementando el P en el suelo, cuando esto ocurre en una parte de la provincia y en el resto se está agotando.

Para revertir esta tendencia negativa de pérdida de nutrientes, es necesario considerar los ciclos biogeoquímicos de los mismos. Sólo el N tiene posibilidad de reposición a partir de su ciclo gaseoso, ya que en el S la vía atmosférica es de menor relevancia, a excepción de regiones altamente industrializadas. En la ganadería de la provincia la fijación biológica de N es la principal vía de ingreso y permite la reposición. En el resto de los nutrientes que

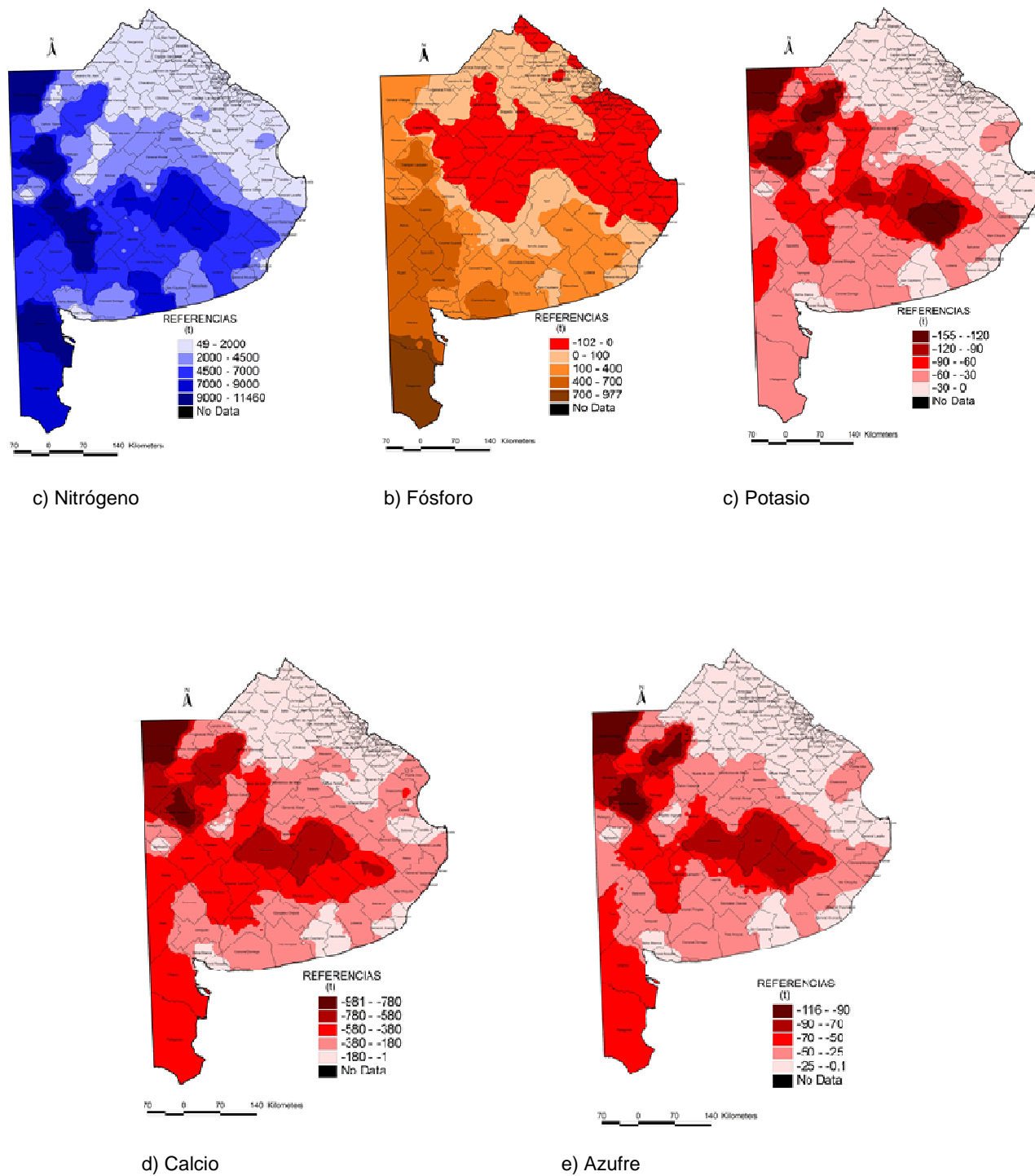


Figura 10. Balance total de nutrientes ($t \text{ año}^{-1}$): a) nitrógeno (N), b) fósforo (P), c) potasio (K), d) calcio (Ca), e) azufre (S), por producción de carne y leche, en la provincia de Buenos Aires (año 2005).

presentan un ciclo sedimentario, la posibilidad de reposición está reducida a la incorporación a partir de una fuente, mineral u orgánica, que provenga desde otra actividad no ganadera. Para K, Ca, y S será imprescindible buscar estrategias de reposición. En el caso de P será necesario aumentar la superficie fertilizada. Estas prácticas deberán ser analizadas desde el punto de vista económico considerando el corto y largo plazo.

CONCLUSIÓN

La producción de leche es una actividad más extractiva de nutrientes por unidad de superficie que la producción de carne, aunque esta última es la responsable de la mayor extracción total de nutrientes en la provincia de Buenos Aires. Ambas actividades registraron balances positivos en N y P, aunque en la producción de carne se encontró una gran superficie con pérdidas de P, debido a la ausencia de fertilización de los pastizales. Tanto el K, como el Ca y el S son nutrientes que se están agotando de los suelos ganaderos de la provincia, y señalan la necesidad de revertir esta tendencia para avanzar hacia una producción pecuaria sustentable.

Agradecimientos

Al CONICET porque esta investigación se desarrolló durante las becas doctorales otorgadas por esta institución al primer autor.

BIBLIOGRAFÍA

- Bekunda, M. & G. Manzi.** 2003. Use of partial nutrient budget as an indicator of nutrient depletion in the highlands of southwestern Uganda. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67:187-195.
- Cabrini, S.M. & C.P. Calcaterra.** 2009. Sistemas de producción en el partido de Pergamino. Valoración económica del impacto sobre la capacidad productiva de los suelos. INTA. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales N°12.36pp.
- Chimicz, J. & E.L. Gambuzzi.** 2007. Producción primaria y regiones productivas. *Revista IDIA XXI Año VII - N° 9:* 8-25.
- CNA.** 2002. Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina. www.indec.mecon.ar
- Cruzate, G.A. & R. Casas.** 2003. Balance de nutrientes. *Revista Fertilizar. Número Especial Sustentabilidad.* Año 8:7-13.
- Cruzate, G.A. & R. Casas.** 2012. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de La Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (LACS).* N°6 Junio: 7-14.
- Díaz-Zorita, M.** 2000. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas intensivos de producción de carne. INTA. Estación Experimental Agropecuaria General Villegas. Publicación técnica N°27. 15pp.
- Diez, M.** 2010. Manejo de los efluentes originados en tambo: Una experiencia en el este de La Pampa. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur (IPNI).* N°47: 16-18.
- FAO.** 2003. Assessment of soil nutrient balance. Approaches and methodologies. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* N°14. Rome. 88pp.
- FAO.** 2004a. Scaling soil nutrient ballances. Enabling mesolevel applications for African realities. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* 15. Rome. 150pp
- FAO.** 2004b. Uso de fertilizantes por cultivo en Argentina. Roma. 49pp.
- Flores, C.C. & S.J. Sarandón.** 2003. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo, durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía* 105 (1) (2002,2003): 53-67.
- Fontanetto, H., S. Gambaudo & O. Keller.** 2011. Balance de nutrientes en sistemas pastoriles. *Sitio Argentino de Producción Animal.* http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/52-balance.pdf Último acceso mayo 2016.
- García, F.O.** 2006. El rol del fósforo en la producción de pasturas de la región pampeana. *Sitio Argentino de Producción Animal.* http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/21-fosforo_en_pasturas.pdf Último acceso mayo 2016.
- García, F.O.** 2011. Balances de carbono y de nutrientes: buscando el equilibrio en la agricultura del Cono Sur. *II Simposio Nacional de Agricultura.* Uruguay.135-147pp.
- García, F. & M.F. González Sanjuán.** 2010. Balances de nutrientes en Argentina ¿Cómo estamos? ¿Cómo mejoramos? *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* N°48: 1-5.
- García-Préchac, F., O. Ernst, G. Siri-Prieto & J.A. Terra.** 2004. Integrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. *Soil & Tillage Research* 77:1-13.
- Gelati, P.R. & M.E. Vázquez.** 2008. Extracciones agrícolas de bases en el norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina: costo de su remediación e implicancias económicas. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol 7:117-129.
- Gourley, J.P.C., W.J. Dougherty, DM. Weaver, S.R. Aarons, I.M. Awty, D.M. Gibson, M.C. Hannah, A.P. Smith & K. Peverill.** 2012. Farm-scale nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur balances and use efficiencies on Australian dairy farms *Animal Production Science*, 52, 929–944.
- Herrero, M.A., S.B. Gil, M.C. Flores, G.M. Sardi & A.A. Orlando.** 2006. Balance de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en Argentina. *In Vet* 8:9-21.
- Lemaire, G., A. Franzluebbers, P.C. de Faccio Carvalho & B. Dedieu.** 2014. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environment quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190:4-8.
- 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. *Revista Argentina de economía Agraria.* Volumen XII N°2:51-68.

Mancuso, W. & J.C. Terán. 2008. El sector lácteo argentino. XXI Curso Internacional de lechería para profesionales de América Latina. Pp13-22. Disponible en:

http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Prod_Animal/Documentos/2012/Aspectos%20Ambientales/Lecheria%20en%20Argentina.%20Cuencas,%20tambos%20mercados%202007.pdf

Marino, M.A. & M. Agnusdei. 2007. Abastecimiento de fósforo y nitrógeno en pasturas para una ganadería productiva y sustentable. 12° Jornada ganadera de Benito Juárez. Sitio Argentino de producción animal. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/30-marino-fertilizacion.pdf

Milano, F.A. 2009. Pago por servicios ambientales a productores: fuente de dinero para incentivar la siembra de pasturas. Revista Argentina de Economía Agrarias. Nueva serie Volumen XI N°2. Pp 127-148.

MA (Ministerio de Agroindustria). 2015. Caracterización de la producción bovina. Buenos Aires- Corrientes- Chaco- Formosa- La Pampa- Misiones. INTA, SENASA. Serie I. 194pp.

MAA (Ministerio de Asuntos Agrarios). 2007a. Nuestra provincia nuestro campo. El sector agropecuario de la provincia de Buenos Aires. 147pp.

MAA (Ministerio de Asuntos Agrarios). 2007b. Dirección de producción láctea. Estadística disponible en

http://www.maa.gba.gov.ar/dir_ganaderia/leche/cuencas%20lecheras.jpg Último acceso 14-03-2016.

MAA (Ministerio de Asuntos Agrarios). 2007c. Cuencas lecheras de la provincia de Buenos Aires http://www.maa.gba.gov.ar/dir_ganaderia/lecheria.php Último acceso 14-03-2016.

Oenema, O., H. Kros & W. de Vries. 2003. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *Europ. J. Agronomy* 20:3-16.

Tan, Z.X., R. Lal & K.D. Wiebe. 2005. Global soil nutrient depletion and yield reduction. *Journal of Sustainable Agriculture*. Vol. 26(1): 123-146.

Taverna, M. 2007. Composición Química de la Leche Producida en la Argentina. *Revista IDIA XXI Año VII - N° 9*. Pp 112-117.

Vázquez, M.E., A. Piro, G. Millán & J. Lanfranco. 2004. Corrección de suelos ácidos de la Pampa húmeda para la producción de alfalfa. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* N°23:14-20.

Viglizzo, E.F., A.J. Pordomingo, M.G. Castro & F.A. Lértora. 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. INTA. Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria. Ediciones INTA 84pp.

Viglizzo, E.F., F. Frank, J. Bernardos, D.E. Buschiazzo & S. Cabo. 2006. A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 117:109-134.

Zazo, F.E., C.C. Flores & S.J. Sarandon. 2011. El "costo oculto" del deterioro del suelo durante el proceso de "sojización" en el Partido de Arrecifes, Argentina. *Rev. Bras. de Agroecología*. 6(3): 3-20.