

Potencial de reutilización de los residuos provenientes de tambos comerciales para la fertilización de recursos forrajeros*

BURÓN ALFANO, V.¹; QUESTA, G.¹; HERRERO, M.A.¹; ORLANDO, A.A.¹; FLORES, M.²; CHARLÓN, V.³

Resumen

Los sistemas de producción de leche originan excedentes de nitrógeno (N) y fósforo (P) vía heces y orina que incrementan el riesgo de contaminación de suelos y aguas. El objetivo fue evaluar el potencial de reutilización de nutrientes en excretas depositadas en instalaciones de ordeño como fertilizantes orgánicos, mediante el cálculo de los balances de (N) y (P), determinándose el alimento que tiene mayor influencia en su variabilidad. En dos tambos de base pastoril (Castelli, Buenos Aires), con 241 (T1) y 91 (T2) vacas en ordeño (VO), respectivamente, se recolectaron y analizaron, durante 2006/2007, muestras de alimentos componentes de la ración de VO. Los balances se calcularon por diferencias entre ingresos (alimento) y egresos (leche) para cada mineral. Para establecer la transferencia de nutrientes, se consideró el tiempo de permanencia diario de los animales en el ordeño. Los nutrientes depositados en la instalación de ordeño fueron de 1,47 a 2,61 kg N/VO/mes y de 0,22 a 0,45 kg P/VO/mes y de 5.420 kg N/año y 883 kg P/año (T1); y 2.126 kg N/año y 362 kg P/año (T2). Los modelos estimados por regresión lineal simple mostraron que más del 79% de la variabilidad queda explicada por el forraje.

Palabras clave: (estiércol), (nutrientes), (producción lechera), (reutilización).

Potential of reutilization of commercial dairy farms residues for forages fertilization

Summary

Dairy production systems produce surpluses of nitrogen (N) and phosphorus (P) that are excreted in urine and feces, which increase the risk of contamination of soil and water. The objective of this study was to evaluate the potential of the reuse of nutrients present in excreta produced in dairy farms facilities as organic fertilizers by the calculation of (N) and (P) balances and to determine which feed component has a major influence in its variability. During 2006/2007, samples from all feed components of the milking cows (MC) were collected and analyzed in two grazing dairy farms (Castelli, Buenos Aires), with 241 (T1) and 91 (T2) MC, respectively. Nutrient balances were calculated by the difference between inputs (feeds) and outputs (milk) for each mineral. Daily permanence of MC was considered, in order to establish

¹ Área Bases Agrícolas (Producción Animal) y ² Área de Bioestadística - Fac. de Cs. Veterinarias (UBA) Chorroarín 280 (1427) Argentina, ³ Agroindustria Calidad de Leche - INTA EEA Rafaela, E-mail: aherrero@fvvet.uba.ar

* Resultados parciales de este trabajo fueron presentados en el 31° Congreso Argentino de Producción Animal, Potrero de los Funes, San Luis, Octubre 2008 y en el I Simposio Internacional de Gerenciamiento de Residuos Animales (SIGERA) Florianópolis, Brasil, Marzo 2009.

Recibido: 01.10.2009 - Aceptado: 02.03.2010

the balance excess that is transferred to the milking area. Nutrients deposited in dairy facilities by MC were between 1.47 to 2.61 kg N/MC/month and 0.22 to 0.45 kg P/MC/month and 5,420 kg N/year and 883 kg P/year (T1) and 2,126 kg N/year and 362 kg P/year (T2). Models estimated by simple linear regression showed that more than 79 % of the variability was explained by forage.

Key words: (manure), (nutrients), (dairy farm), (reutilization).

Introducción

La relación entre requerimientos nutricionales y el aporte de nutrientes dietarios según estrategias de alimentación en vacas en ordeño, puede originar distintas magnitudes de excedentes de nutrientes vía heces y orina. Estas mayoritariamente derivan en pérdidas al ambiente, incrementando el riesgo de contaminación y disminuyendo la eficiencia de uso de nutrientes. En el ganado lechero, entre el 70% y el 85% del nitrógeno consumido retorna al exterior vía urinaria y fecal, y para el caso del fósforo lo hace, entre el 65% y 75%^{2,7,16,21}. En tambos pastoriles, se acumulan efluentes en las inmediaciones de instalaciones de ordeño. Estos efluentes, sumados a excretas acumuladas en corrales y aguadas cercanas, resultan una de las principales fuentes de contaminación del agua subterránea y superficial en cuencas lecheras de Buenos Aires^{8, 11}.

Cuando estos residuos son percibidos como «nutrientes» que pueden ser reutilizados para el crecimiento vegetal por re-acoplamiento de la producción planta-animal, dejan de ser residuos para convertirse en recursos^{9,15,21}. El uso de estiércol como fertilizante no es frecuente en Argentina, razón por la cual genera interés por estimar el nitrógeno y fósforo excedentes que permanecen en las instalaciones de ordeño, para que la reutilización del estiércol producido pueda ser valorada. Una de las herramientas para este fin podrían ser los balances de nutrientes²¹.

Los balances de nutrientes (ingresos – egresos) y su manejo, orientan sobre la situación de cada establecimiento^{3, 14, 18, 19},

pudiendo utilizarse como indicadores para la gestión ambiental. Cuando se calculan delimitando un sector del establecimiento o en un rodeo lechero (ingresos por alimentos – egresos por leche), permiten comprender las transferencias, por ejemplo, a las instalaciones de ordeño según los tiempos diarios de permanencia de los animales¹⁰.

Los objetivos del trabajo fueron: a) Calcular las cantidades de nitrógeno y fósforo de las excretas depositadas durante el ordeño que podrían ser utilizadas como fertilizantes orgánicos, mediante el cálculo de los balances de nutrientes de los rodeos en producción, según el tiempo de permanencia diario de las vacas en las instalaciones de ordeño, b) Determinar cuál es el componente del alimento con mayor influencia en los balances en tambos de características pastoriles con suplementación y c) Evaluar el potencial de utilización de los nutrientes recuperados en las instalaciones de ordeño como fertilizantes orgánicos en reemplazo de fertilizantes minerales utilizados en ambos establecimientos.

Materiales y métodos

Se seleccionaron dos tambos de base pastoril ubicados en Castelli (Pcia. de Buenos Aires, Argentina), perteneciente a la cuenca lechera Abasto Sur, con 241 (T1) y 91 (T2) vacas en ordeño (VO), respectivamente. En cada establecimiento se separaron a las vacas en ordeño en dos rodeos, según el período de la lactancia y producción de leche. Los rodeos fueron denominados: Rodeo de alta producción (R1) y de baja producción (R2). La información

mensual sobre la constitución y manejo nutricional de cada rodeo fueron suministradas por el productor. De las planillas de control lechero se obtuvo la información de la producción diaria de leche por vaca, que permitió determinar la producción promedio de leche por rodeo según los diferentes momentos del año. Durante todo el período considerado se realizaron dos ordeños por día.

Se visitaron los establecimientos desde mayo de 2006 hasta diciembre de 2007, en fecha cercana al control lechero (± 3 días), realizándose 13 muestreos. En cada visita se recolectó la información correspondiente a la cantidad y tipo de alimentos que componían la ración de las vacas en ordeño de ambos rodeos. El suministro de balanceado para ambos establecimientos, durante el ordeño, se ofrecía en cantidades prácticamente fijas durante el período bajo estudio, siendo para el R1 de 8 a 9 kg/VO/día y para el R2 de 4 a 5 kg/VO/día. Se tomaron 12 muestras (1,0 kg) de los balanceados, 19 muestras de silajes (maíz y sorgo) y de otros suplementos (hez de malta, semilla de algodón, burlanda de sorgo), de al menos 3 sectores de los comederos formando una muestra compuesta. Alícuotas de 0,250 kg fueron llevadas a estufa durante 48 horas a 60°C para determinar el porcentaje de materia seca (MS) y así calcular el consumo diario por VO (kg MS/VO/día) de balanceados y suplementos (silaje + otros suplementos).

Para determinar la cantidad de forraje consumido se calculó la eficiencia de cosecha. Se recolectaron 5 muestras por parcela del forraje a ser consumido (forraje disponible), considerando la disponibilidad de todas las parcelas a ser consumidas en el día de la visita y en las que serían asignadas hasta los 2 días posteriores a la misma, mediante corte con tijeras al ras en una superficie de 0,20 m². Luego se recolectaron otras 5 muestras de los potreros pastoreados (forraje remanente) hasta 2 días anteriores a la visita, mediante la misma técnica. Durante todo el período se tomaron 57 muestras de pasturas polifíticas, 7 de campos naturales, 5 de verdeos de invierno y 5 de

verdeos de verano. Todas las muestras fueron pesadas y secadas en estufa (48 hs a 60°C) determinándose la MS promedio y calculándose por diferencia (disponible – remanente) el consumo promedio de MS (kg MS/VO/día) para cada recurso forrajero. Con todos los consumos diarios (kg MS/VO/día de forraje, balanceados y suplementos) se determinó la ración total y la proporción de sus componentes.

Para determinar el contenido de nitrógeno (N) y fósforo (P) de los forrajes se utilizó la técnica de muestreo aleatorio en zig-zag en forma uniforme en los forrajes disponibles, componiendo una muestra de 1,5 kg de materia verde¹², en los potreros considerados como forraje disponible. Se realizó el análisis de nitrógeno (N) y fósforo (P) de todos los alimentos, para poder cuantificar los ingresos de ambos nutrientes (kg N/VO y kg P/VO). Para la determinación de N Kjeldhal se efectuó la digestión y destilación de la muestra por el Método semimicro-Kjeldhal y la medición de amoníaco por titulación. El fósforo se determinó con molibdato de amonio y ácido ascórbico, previa mineralización de la muestra con ácido nítrico. La información del contenido de proteína bruta mensual promedio en leche por rodeo se obtuvo del control lechero para calcular los egresos de N. Para el P se utilizó una concentración promedio de 0,90 gr/L^{13, 21, 23}.

Los balances se calcularon por diferencias entre ingresos (alimento) y egresos (leche) para cada nutriente, considerando la proporción mensual de cada alimento en la ración total^{4, 18, 19}, y se expresaron en kg totales de N y de P por mes y estación de cada rodeo y para cada tambo, y en kg de N y de P/VO/mes y por estación del año, considerando una VO de producción promedio para los establecimientos considerados. La producción de una VO promedio resultó de la evaluación del total de controles lecheros para ambos rodeos y tambos, para todo el periodo considerado, estableciéndose en 20,43 kg leche/VO/día.

Para conocer la proporción real de los excedentes depositados en el sector de ordeño

mediante las excretas (orina+heces), se empleó la información recolectada mensualmente en el establecimiento con respecto al tiempo de permanencia de los animales en los dos ordeños diarios. La estimación de la cantidad de excretas/hora depositada fue establecida a partir de información de distintos autores^{20, 22}, y de resultados de muestreos realizados en ambos establecimientos por pesaje de excretas en los corrales. En cada visita el productor informó sobre los fertilizantes comerciales utilizados (cultivo, dosis y composición de nutrientes) para poder estimar que cantidad y tipo de fertilizante podría ser reemplazado con los nutrientes recuperados de las excretas. Para conocer cual de los alimentos que componen la ración (forraje, balanceado y suplementos) tiene mayor influencia en los valores de los balances de N y P se realizó análisis de correlación de Spearman. Posteriormente, se efectuó un análisis de regresión lineal simple del valor del balance (N y P) en función del valor (N y P) de dicho alimento.

Resultados

Los rodeos de ordeño de alta producción (R1) estaban compuestos, en el T1, por un promedio de 185 VO y en el T2, por 73 VO, con una productividad expresada en L/VO/día (promedio \pm desvío estándar) de $27,25 \pm 2,47$ (T1) y de $25,69 \pm 1,82$ (T2). Los rodeos de baja producción (R2), se componían, en promedio, de 56 VO y $15,02 \pm 2,09$ L/VO/día en el T1 y de 18 VO y $15,52 \pm 2,6$ L/VO/día en el T2. En ambos casos los tiempos de permanencia totales por día en el ordeño fueron, para el R1 de 3 horas y para el R2 de 1 hora. Se determinó para ambos establecimientos que cada vaca depositará, por hora total de estancia en el sector de ordeño, un promedio de 5,78% del total excretado por día, según estimaciones de otros autores^{20, 22}, ajustadas por los muestreos¹⁰ (recolección y pesaje de excretas en ordeño) realizados en los dos establecimientos bajo estudio. Para estos tiempos de permanencia la proporción excretada y depositada en las

instalaciones fue del 8,67% para R1 y de 2,69% para el R2, considerando que cada vaca individualmente permanecerá la mitad del tiempo total de ordeño.

Los resultados de los balances totales de los rodeos de ordeño (R1+R2) en ambos tambos y la porción de N y P depositadas en el sector de ordeño se presentan como valores estacionales medios (Tabla 1). La cantidad total de nutrientes, en promedio, depositada en la instalación de ordeño durante un año fueron, para el T1 de 5.420 kg N y 883 kg P y para el T2 de 2.126 kg N y 362 kg P. Los rangos de nutrientes depositados por VO, con una producción promedio de 20,43 kg leche/día, fueron de 1,47 a 2,61 kg N/VO/mes y de 0,22 a 0,45 kg P/VO/mes. Sus valores mensuales medios por estación se presentan en la Tabla 2 y pueden resultar de utilidad para ser considerados como orientativos para otros establecimientos.

Las proporciones de N y P que aportan cada tipo de alimento a la ración total según los rodeos se presentan en la Figura 1. Se observa en los gráficos correspondientes al N que tanto para el R1 como para el R2, el forraje aporta durante todo el año la mayor proporción de este nutriente a la ración total, siendo para R1 una proporción media de $0,59 \pm 0,14$ y para el R2 $0,75 \pm 0,12$, para todo el período estudiado. Para el caso del P en el R1 la proporción que aporta el forraje es de $0,43 \pm 0,14$ y para el R2 $0,62 \pm 0,11$. El aporte de N por el balanceado a la ración total para R1 fue de $0,27 \pm 0,08$ y para el R2 de $0,15 \pm 0,05$; para el P fue de $0,44 \pm 0,11$ para R1 y de $0,28 \pm 0,06$ para R2.

En el análisis de correlación, tanto para N ($r_s = 0,92$) como para P ($r_s = 0,88$), la variable forraje consumido fue la que se encontró más relacionada con la variable balance expresado en kg/VO/día ($p < 0,05$). En el análisis de regresión (Figura 2) se obtuvieron los siguientes modelos estimados: para N, Balance N = $0,18 + 0,85 * N$ del Forraje, coeficiente de determinación (R^2) del 85%, para P: Balance P = $0,04 + 0,91 * P$ del Forraje, coeficiente de determinación (R^2) del 79 %. En ambos casos,

más del 79% de la variabilidad del balance quedó explicada en función de la variable forraje, considerando entonces que por cada kilogramo de nutriente aportado por el forraje consumido, el balance de N se incrementará en 0,85 unidades y en 0,91 para el P.

Discusión y conclusiones

Los balances de N y P representan, para ambos predios evaluados, una aproximación certera de los excedentes de nutrientes que retornarán al ambiente en el período considerado²¹, hallándose en este estudio una gran variabilidad a lo largo del período evaluado, coincidente con otros estudios^{1, 4}. En ambos establecimientos, el mayor aporte de nitrógeno para ambos rodeos y de fósforo para el rodeo de baja producción correspondió al forraje, siendo esta situación diferente a la evaluada en otros países, donde el forraje es una porción mínima de la ración total de la vaca en ordeño^{6, 17}. Este alimento varía su calidad a lo largo del año, lo que implica la necesidad de realizar los análisis correspondientes y la evaluación periódica de consumo en pastoreo, para poder ajustar la cantidad y calidad de los suplementos y balanceados en la ración total, acorde a los requerimientos nutricionales de los animales. En el caso del N se obtuvieron balances mayores (entre 30 y 41%) a estudios similares donde también la ración fue ajustada por contenido de proteína bruta y no por tipo de proteína (ej. bypass)⁴. Es de suponer que en este estudio los mayores excedentes se deben a que el productor carece de la información sobre la calidad y el consumo de forraje, reflejándose en mayores ingresos respecto a la leche producida. Para el P se observó que el productor no realizó análisis de P de los alimentos que le permitieran su ajuste en la ración. En otros trabajos se halló que el ajuste de P, para lograr la disminución de un valor de 0,43% a 0,33% en la ración total, permitió reducir la excreción entre un 25%²⁴ y un 33%¹. Por estas razones considerar el aporte de P en la ración es un punto crítico para disminuir su pérdida hacia el ambiente⁵.

Para evaluar la utilización potencial de estas excretas como fertilizantes se calculó para el caso del T1, la aplicación de 9.800 kg de N y 5.500 kg P y para el T2, 2.366 kg N y 1.760 kg P, provenientes en ambos casos de urea y fosfato di-amónico. Si se considera que según el manejo de las excretas en el tambo, de su almacenamiento y distribución se puede perder por desnitrificación hasta un 50% del N¹⁵, en el T1 alcanzaría para reemplazar el uso de fertilizantes comerciales en un 25% y en el T2 en un 90%, como valor mínimo. Para el caso del P, al no producirse estas pérdidas, se consideró el total de P recolectado, pudiendo reemplazarse un 16% en el T1 y un 20% en el T2 del aplicado como fertilizante.

El cálculo de los balances en instalaciones de ordeño es una herramienta útil para estimar la disponibilidad de nitrógeno y de fósforo en excretas, que podrían utilizarse como fertilizantes. En tambos pastoriles, en los cuales el aporte de balanceado no supera el 50% de la ración total, la incidencia del forraje a los balances de N y P es fundamental aún en aquellos rodeos de mayores requerimientos. Es importante mejorar la evaluación de consumos reales de materia seca de los forrajes en los establecimientos lecheros, al igual que realizar los análisis correspondientes de todos los alimentos. Esta información permitirá ajustar, por un lado, los excedentes totales de nutrientes que serán retornados al ambiente porque no son aprovechados por el animal, y por otro, la cantidad de los mismos que estará disponible en las instalaciones para poder ser re-utilizados como fertilizante orgánico. Estos nutrientes se pueden cotizar al valor comercial de fertilizantes minerales en cada país, con el fin de incentivar el interés de los productores hacia un adecuado manejo del estiércol producido.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al financiamiento de los proyectos V050 y V015 pertenecientes al Programa UBACyT de la Universidad de Buenos Aires y PNLEC 1104

del INTA. Se agradece también la disposición de los productores por permitir el acceso a sus establecimientos y facilitar la información requerida. Se reconoce la colaboración de los

siguientes estudiantes de la Carrera de Veterinaria (UBA) en los diferentes trabajos de campo: Benjamín Orliacq, Alejandro Nielsen, Karina Vasallo, Carla Bearzi y Marcela Neu.

Tabla 1: Valores medios y desvíos estándares de los balances totales (BT) de nitrógeno y fósforo a escala de predio y la porción depositada en los sectores de ordeño (BO), según estación del año, en dos establecimientos de producción de leche de Castelli (expresados en kg N ó P por estación)

	Nutrientes		Estaciones del año			
			Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Tambo 1 (T1) (VO=241)	Nitrógeno	BT	15.550,8 ±2.892,7	15.749,5 ±7.234,7	22.360,5 ±2.712,0	19.279,6 ±2.002,9
		BO	1.137,4 ±253,9	1.153,8 ±505,9	1.658,1 ±238,8	1.470,7 ±285,6
	Fósforo	BT	2.389,9 ±352,6	2.733,6 ±1.494,6	3.608,5 ±1.098,4	3.104,2 ±82,0
		BO	175,6 ±28,1	201,9 ±105,7	267,3 ±95,6	237,9 ±18,8
Tambo 2 (T2) (VO=91)	Nitrógeno	BT	7.628,8 ±1.592,2	6.845,1 ±1.686,0	6.839,3 ±1.038,8	6.632,3 ±1.845,1
		BO	542,5 ±76,6	510,9 ±91,7	539,4 ±76,6	533,7 ±175,7
	Fósforo	BT	1.070,1 ±319,6	1.148,4 ±389,1	1.225,5 ±233,2	1.242,8 ±139,6
		BO	82,3 ±21,2	87,2 ±26,0	96,4 ±15,3	96,6 ±22,0

Tabla 2: Valores medios y desvíos estándares de Nitrógeno y Fósforo depositados en la instalación de ordeño según estación del año, considerando una vaca de producción promedio de 20,43 kg leche/día, expresados en kg N ó P/VO/mes.

Nutrientes	Estaciones del año			
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nitrógeno	2,11±0,43	1,83±0,49	2,01±0,15	2,20±0,60
Fósforo	0,31±0,06	0,30±0,10	0,34±0,06	0,39±0,05

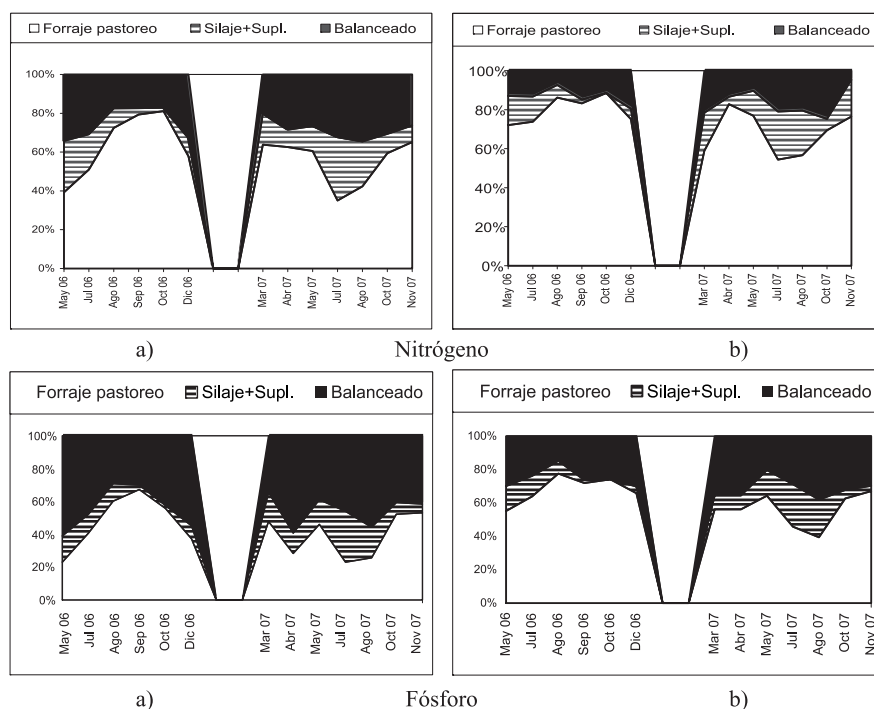


Figura 1: Aporte proporcional de Nitrógeno y Fósforo de cada tipo de alimento (Forraje, Silaje + suplementos y Balanceado) a la composición de la ración total de vacas en ordeño en dos tambos pastoriles en distintos meses del año a) Rodeos de alta producción y b) Rodeos de baja producción.

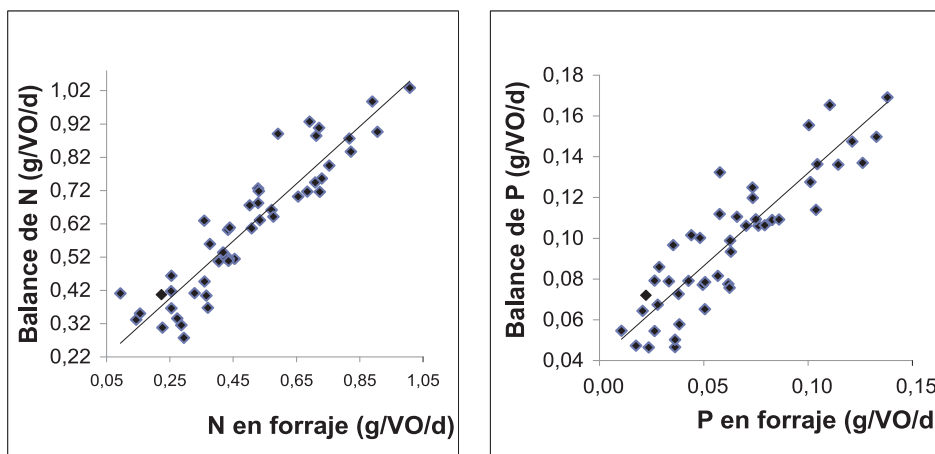


Figura 2: Relación entre el aporte de N y P por el forraje y el balance de N y P, ambos expresados en g/VO/d. Las líneas representan las ecuaciones para N y P respectivamente.

Bibliografía

1. Cerosaletti, D; Fox G; Chase LE. Phosphorus Reduction Through Precision Feeding of Dairy Cattle. *J Dairy Sci.* 2004; 87: 2314-2323.
2. Díaz Zorita, M. El ciclo de nutrientes en sistemas pastoriles - En Taller de Manejo de pastoreo, Luján, Argentina Asociación Argentina de Producción Animal. Soporte Informático - AAPA, Balcarce, Arg. 2001. 17 Pp.

3. Dou, Z.; Kohn, RA; Ferguson, JD; Boston, RC; Newbold, JD. Managing Nitrogen on Dairy Farms: An integrated Approach I. Model Description. 1996; *J Dairy Sci.* 79:2071-2080.
4. Dou, Z.; Lanyon, LE; Ferguson, JD; Kohn, RA; Boston RC; Chalupa, W. An integrated approach to managing nitrogen on dairy farms: evaluation of farm performance using the Dairy Nitrogen Planner. *Agron. J.* 1998; 90(5): 573-581.
5. Elizondo Salazar, J. El fósforo en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana* 2005; 16 (2): 231-238
6. Gustafson, GM, Salomon E, Jonsson S, Steineck S. Fluxes of K, P, and Zn in a conventional and an organic dairy farming system through feed, animals, manure, and urine—a case study at Öjebyn, Sweden. *Europ. J. Agronomy.* 2003; Vol 20 (1-2): 89-99
7. Haynes, RJ; Williams, PH. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Adv. Agron.* 1993; **49**: 119–199
8. Herrero, MA, Iramain, MS; Korol, S; Buffoni, H; Flores, M; Pol, M; et al. Calidad de agua y contaminación en tambos de la cuenca de Abasto sur, Bs As, Argentina. *Rev. Arg. Prod. An.* 2001; 22(1): 61-70
9. Herrero, MA; Gil, SB - Efluentes Ganaderos, ¿Residuos o Recursos?. *Revista INFOVET.* 2005; Año X, 79:4-8
10. Herrero, MA; Gil, SB; Sardi, GM; Flores, MC; Carbó, LI; Orlando, AA Transferencia de nutrientes del área de pastoreo a la de ordeño en tambos semiextensivos (Bs As, Arg). *InVet.* 2006; 8(1):23-30
11. Herrero, MA; Sardi, G; Maldonado May, V; Flores, M; Orlando, AA; Carbó, L. Distribución de la calidad del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses: II- Condiciones de manejo y grado de contaminación. *Rev. Arg. Prod. An.* 2000; 20:237-247
12. PROMEFA Recomendaciones para muestrear alimentos para animales. Programa para el mejoramiento de la evaluación de forrajes y alimentos. Muestreo de Alimentos. En: http://www.agro.uba.ar/servicios/.../Prctl_-_Muestreo_de_alimentos_v1.pdf. consultado la versión anterior en septiembre de 2006 y versión actual el 10 de mayo 2009
13. Knowlton, KF, Herbein, JH. Phosphorus Partitioning During Early Lactation in Dairy Cows Fed Diets Varying in Phosphorus Content. *J. Dairy Sci.* 2002; 85: 1227-1236
14. Koelsch R. Evaluating livestock system environmental performance with Whole-Farm Nutrient Balance. *J. Environ. Qual.* 2005;34:149-155.
15. Lowrance, R; Johnson, JC; Newton, GL; Williams RG. Denitrification from soils of a Year-round Forage Production System fertilized with liquid Dairy Manure. *J. Environ. Qual.* 1998; 27, 1504-1511.
16. Missaoui, Ali; Herrero, M.A.; LaCasha, T; Brown, P; Green, G; Allen, V (1998) MATUA Bromegrass, Potential for Nutrient Management. In the Nutrient Management Conference, EEUU. Pp: 25:39
17. Mulier A; Hofman, G; Baecke, E; Carlier, L; De Brabander, D; De Groote, D; et al. A methodology for the calculation of farm level nitrogen and phosphorus balances in Flemish agriculture. *Europ. J. Agronomy.* 2003; 20 (1-2): 45-51
18. Spears, RA; Kohn, RA; Young, AJ Whole-farm Nitrogen Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Sci.* 2003a; 86 (12): 4178-4186
19. Spears, RA; Young, AJ; Kohn, RA Whole-farm Phosphorus Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Sci.* 2003b; 86 (2): 688-695
20. Taverna, M; Charlón, V; Panigatti, C; Castillo A; Serrano, P; Giordano, J. Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Una contribución al logro de ambientes sanos. 1er. Edición INTA Rafaela, Rafaela, Argentina. 2004. 75p.
21. Van Horn, HH; Newton GL, Kunkle, WE. Ruminant nutrition from an environmental perspective: Factors affecting whole-farm nutrient balance. *J. Anim Sci.* 1996; 74:3082-3102.
22. White, SL; Sheffield, RE; Washburn, SP; King, LD; Green, JT. Spatial and time distribution on dairy cattle excreta in an intensive pasture system. *J. Environ. Qual.* 2001; 30: 2180-2187.
23. Wu, Z; Satter, LD; Blohowiak, AJ; Stauffacher, RH; Wilson, JH. Milk Production, Estimated Phosphorus Excretion, and Bone Characteristics of Dairy Cows Fed Different Amounts of Phosphorus for Two or Three Years. *J. Dairy Sci.* 2001; 84: 1738-1748
24. Wu, S; Tallam K; Ishler VA;. Archibald, DD. Utilization of Phosphorus in Lactating Cows Fed Varying Amounts of Phosphorus and Forage. *J Dairy Sci* 2003; (86): 3300-3308.