

Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en Argentina

HERRERO, M. A.¹; GIL, S. B.²; FLORES, M. C.³; SARDI, G. M.¹; ORLANDO, A. A.¹

RESUMEN

Los balances de nutrientes permiten conocer el potencial de riesgo ambiental de los sistemas productivos. Se evaluaron los balances de nitrógeno (N) y fósforo (P) y sus eficiencias de aprovechamiento a través de tres indicadores, a escala predial, en sistemas de producción primaria de leche bovina en Cuenca de Abasto de Buenos Aires. El cálculo de balances se realizó por diferencia entre ingresos y egresos para cada mineral en 17 establecimientos, en base anual, expresados en ton/año y en producto (N-P(gramos)/ leche producida (Litros)). La magnitud de ambos balances, en ton/año, mostró asociación al tamaño de explotación ($p < 0,05$), no así expresado por producto. Los principales ingresos para N fueron alimentos externos y fijación de nitrógeno, y para P, fertilizantes. El ingreso de nutrientes resultó entre cuatro y siete veces mayor al egreso por la leche y carne producida por el tambo. Los indicadores revelaron mayores ineficiencias de aprovechamiento de los nutrientes en los tambos pastoriles evaluados en relación con manejos más intensivos de bibliografía internacional. El P aparece como el nutriente utilizado con menor eficiencia. La evaluación de los balances resulta una herramienta necesaria para disminuir la excreción de nutrientes, desde una comprensión integral del sistema productivo, buscando la mejor ecuación productiva, económica y ambiental.

Palabras clave: (balance de nutrientes), (nitrógeno), (fósforo), (producción lechera).

¹ Área de Bases Agrícolas (Producción Animal) Facultad de Ciencias Veterinarias -UBA

² Área de Bovinos de Carne (Producción Animal) Facultad de Ciencias Veterinarias - UBA

³ Área de Bioestadística - Facultad de Ciencias Veterinarias – UBA

Recibido: junio 2005 - Aceptado: agosto 2006 - Versión on line: agosto 2006

Nitrogen and phosphorus whole farm balances on dairy farms in Argentina

SUMMARY

Nutrient balance allows to know the potential environmental risk in productive systems. Nitrogen (N) and Phosphorus (P) balances and their utilization efficiencies were evaluated, at farm level, through three indicators in primary milk production systems in Buenos Aires. The balance calculation was made by measurable output-input differences for each mineral in 17 farms, expressed as ton/year and in terms of production (N-P (grams)/ milk production (liters)). Both balance magnitudes, in ton/year showed association with the size of the farm, but not when they were expressed as product. The principal N inputs were external foods and nitrogen fixation and for P were the fertilizers. Nutrient inputs resulted to be between 4 and 7 times larger than the outputs through milk and meat produced by the dairy farm. The indicators revealed larger nutrient inefficiencies in grazing systems than in more intensively managed systems cited in international bibliography. Phosphorus appears to be the nutrient used less efficiently. The evaluation of the balances turns out to be a necessary tool to diminish nutrients losses looking for the best productive, profitable and environmental equation, through the whole understanding of the system itself.

Key words: (nutrient balance), (nitrogen), (phosphorus), (dairy production)

INTRODUCCIÓN

El manejo de nutrientes es un área de reciente interés, como forma de disminuir la contaminación por nitrógeno y fósforo en los sistemas ganaderos de leche y carne. Los balances de nutrientes (diferencia de ingresos provenientes por insumos respecto a egresos a través del producto) permiten comprender su dinámica, conocer su potencial para ser retenidos y ciclados dentro del propio sistema, y estimar la magnitud del costo ambiental (riesgo de contaminación y de transferencia de dichos nutrientes fuera del sistema) y económico^{2, 8, 20, 21, 26}.

A medida que la actividad pecuaria se intensifica hasta llegar a producciones donde el ganado pastorea muy pocas horas por día, o directamente permanece estabulado, los

residuos animales producen grandes impactos en el ambiente. Estos residuos (efluentes), provenientes en su mayoría de heces y orina, aportan principalmente fósforo y nitrógeno, resultando ser, respectivamente, los principales contaminantes de aguas superficiales y subterráneas. La infiltración de nitratos en aguas subterráneas puede causar su contaminación en niveles de riesgo para la salud humana y animal. Los nitritos en aguas superficiales y el fósforo excedente, que migran por escorrentía, pueden ser causa de eutrofización de lagos y lagunas (crecimiento excesivo de algas, disminución del oxígeno disuelto, variabilidad del pH y subsiguiente muerte de invertebrados, peces y otros animales acuáticos)^{11, 12, 19, 22}.

Dada la importancia del nitrógeno (N) y fósforo (P) excedentes en la contaminación de los recursos hídricos, los balances de nutrientes

permitirán conocer el potencial de riesgo ambiental, convirtiéndose en indicadores claves de la sustentabilidad de los sistemas agro-ganadero^{20, 21, 27}. Estos balances, o desbalances como los denominan algunos autores¹⁷, representarán, entonces, las ineficiencias del sistema productivo. En el desbalance entre los requerimientos animales de ciertos nutrientes y su aporte vía alimentación, radica una fuerte pérdida que llega a los efluentes (orina más heces) en valores del 70 al 80%, tanto del N como del P provenientes de los alimentos consumidos^{23, 26}. La utilización de fertilizantes es otro de los factores a tener en cuenta^{20, 21}.

Para conocer las diferentes relaciones entre los subsistemas que componen un sistema productivo, e identificar el que mayor peso tiene en el balance, se recurre a la realización de lo que se denomina Balance Total del establecimiento. El mismo permitirá realizar las recomendaciones sobre cuáles serían las mejores estrategias globales de mejoramiento a partir de la comprensión del ciclado de nutrientes^{9, 17, 20, 21}. Las investigaciones para calcular este tipo de balances han sido realizadas con modelos computacionales predictivos²⁸, por casos de estudio –1 ó 2 establecimientos–^{8, 9, 16} y recién, en los últimos años, a través de encuestas a un número más representativo de predios con producción lechera^{20, 21} y de producción de carne bovina y porcina en confinamiento¹⁷. Estas encuestas recaban información para entender la dinámica del N y P dentro de cada establecimiento considerado como una unidad, cuantificando todos los rubros a través de los cuales ingresan y egresan estos nutrientes.

Si bien la bibliografía disponible en el ámbito internacional presenta una variedad de casos de estudio, no representan la realidad de los sistemas de producción de leche de la Argentina. Los mismos, por su característica

pastoril, presentan interrogantes que aún no han sido estudiados.

El objetivo del trabajo fue evaluar los balances de nitrógeno y fósforo mediante sus ingresos y egresos, y la eficiencia de aprovechamiento de dichos nutrientes a través de la aplicación de distintos indicadores, a escala predial, con relación al tamaño de la explotación ganadera en sistemas de producción de leche bovina, en la provincia de Buenos Aires.

MATERIALES Y METODOS

Se recopiló información agroecológica de las cuencas lecheras de Abasto Norte y Sur de la provincia de Buenos Aires¹⁴. Se seleccionaron dos áreas, estratificando el universo de establecimientos en cada una según las variables superficie y presencia/ausencia de ganadería vacuna cuya principal actividad fuera la producción primaria de leche, excluyendo aquellos establecimientos sin ganadería y los de producción de carne. Se consideraron establecimientos con diferentes tamaños de explotación y sistemas productivos con base pastoril y suplementación estratégica. La selección se hizo mediante Muestreo Estratificado Simple al Azar con asignación Proporcional⁶, determinando 4 estratos según Nº de vacas totales: ≤150, entre 151 y 300, entre 301 y 600 y > a 600, obteniéndose un total de 30 establecimientos posibles de ser estudiados.

El primer paso, en cada zona, consistió en tomar contacto con las asociaciones de productores y cooperativas lecheras para organizar una reunión informativa con los productores previamente elegidos. En el segundo paso, se contactaron personalmente los productores que habían aceptado participar. Finalmente, 17 fueron entrevistados y

completaron las encuestas. El diseño de encuestas pretendió recolectar la máxima información confiable en cada uno de los predios, para el período 2003-2004, con el fin de caracterizar los sistemas según: uso del suelo, actividades agropecuarias desarrolladas, estructura de los rodeos y sus parámetros productivos, recursos forrajeros, cultivos de cosecha y rendimientos, insumos utilizados para las distintas actividades agro-ganaderas y manejo de los residuos producidos por la ganadería.

La información obtenida permitió realizar los cálculos de los balances de nutrientes N-P por diferencia entre ingresos y egresos cuantificables de cada mineral en el establecimiento estudiado. En el cálculo de los egresos se consideró el nutriente exportado a través de la leche y de la carne producida por el tambo. Las vías de ingreso de nitrógeno consideradas fueron las precipitaciones, fertilizantes, fijación biológica por leguminosas y alimentos importados del exterior para consumo de los animales; y para el fósforo, fertilizantes y alimentos importados del exterior^{2, 27}. Los valores bibliográficos de referencia sobre contenido de nutrientes están expresados sobre la base de materia seca^{13, 18, 19, 24} y se consideraron adecuados para estimaciones regionales del potencial de nutrientes reciclables, a pesar de la variabilidad planteada por diferentes autores^{10, 15}.

De los tambos entrevistados, 11 se dedicaban exclusivamente a la producción primaria de leche, y 6 destinaban el 72 % de la superficie a la producción de leche y el resto a agricultura. Esta última actividad ocupaba un sector físicamente diferenciado de aquel destinado a forrajes y granos para la alimentación del rodeo lechero.

Los balances fueron calculados, en el caso de los tambos, para el establecimiento completo, y para los que presentaban una baja

proporción de superficie agrícola, para el predio destinado exclusivamente a producción de leche, incluyendo la superficie de producción de forraje en pie, de producción de grano para ración y para alimento conservado (silo y heno). En adelante, los balances para ambos casos se denominarán «balances prediales». Tanto los ingresos como los egresos fueron expresados en base anual (toneladas/año)^{17, 20, 21}. El tamaño de la explotación lechera (predio) quedó establecido a partir del número de vacas totales^{4, 20, 21}. Para eliminar el efecto del tamaño de rodeo en el balance predial, fue expresado, además, como «Balance por producto» (N-P (gramos) / leche producida (litros))^{20, 21}. Para evaluar la eficiencia de aprovechamiento de los nutrientes se construyeron 3 indicadores: 1- Indicador de Uso de Nutrientes (IUN, %) como cociente entre el balance -exceso que permanece en el establecimiento- y el total ingresado [(exceso N-P / ingreso N-P) x 100], mostrando las ineficiencias del sistema⁴. 2- Indicador de Consumo de Nutrientes (ICN), cociente entre el ingreso y el egreso de nutrientes (ingreso N-P/egreso N-P), que permite evaluar en cuántas veces el ingreso del nutriente al predio supera a la salida (egreso) del mismo a través de los productos considerados¹⁷. 3- Eficiencia Global del Balance (EGB %), indica qué proporción del nutriente total ingresado al predio sale del mismo en los productos leche y carne [(egreso N-P /ingreso N-P) x 100]^{20, 21}.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo con la información obtenida de todos los establecimientos participantes. Se utilizó el análisis de correlación de Spearman para conocer la asociación existente entre el tamaño de explotación y los balances de N-P prediales, los balances por producto, IUN%, ICN y EGB%. Además, se la realizó con respecto al tamaño para los componentes de los insumos, tanto en el caso del N como del P. Para

conocer la asociación entre el ICN de N y el ICN de P, se utilizó la Correlación de Pearson. Se utilizó la prueba T para la media de diferencias apareadas con el objeto de comparar la ineficiencia de N con respecto a P, en base a los valores de ICN.

RESULTADOS

La descripción de los establecimientos encuestados se muestra en la tabla 1.

La evaluación realizada del manejo de los residuos producidos por la actividad pecuaria mostró que el 80% de los casos poseían una única laguna de tratamiento y el 20% más de una. Solo el 11% separa sólidos antes de entregar los residuos a la laguna. En ningún caso presentaban impermeabilización del fondo con membrana. El 30% realiza la limpieza de la misma dos veces al año. En general, la laguna va rebalsando lentamente hasta alcanzar otros sectores del establecimiento, como cursos de agua (72%) o potreros bajos (28%). El 10% ha realizado alguna experiencia de riego con los efluentes, expresando que la experiencia no fue satisfactoria.

Los balances prediales de N y P se presentan en las tablas 2 y 3. Los mismos aumentan con el tamaño de la explotación, siendo este incremento de hasta 10 veces para

el N y hasta 8 veces para el P. Cuando se observa el balance por producto, no se manifiesta un comportamiento similar.

Los resultados obtenidos según análisis de correlación de Spearman muestran que los balances prediales de N-P están asociados significativamente al tamaño, N: $r_s=0,792$ y P: $r_s=0,828$ ($p<0,05$). Sus diagramas de dispersión se presentan en la figura 1. Los balances por producto no se hallan asociados al tamaño de explotación ($p> 0,05$).

La incidencia porcentual de los diferentes insumos en el aporte de N (alimentos externos, fertilizantes y fijación de N por leguminosas) y de P (fertilizantes y alimentos externos), se muestra en la figura 2.

El aporte de N desde las precipitaciones, si bien fue considerado en el balance, se eliminó de la figura dado su poca incidencia. Cuando se analizó la asociación entre la fijación de N por leguminosas y el tamaño de la explotación, no se encontró asociación ($p> 0,05$). Para el caso de los alimentos externos no se halló asociación entre los aportes de N y P con respecto a tamaño de la explotación ($p> 0,05$), lo mismo ocurre para los fertilizantes, tanto para N como para P. Se encontró asociación entre el N ingresado por fijación por leguminosas y el N aportado por el alimento externo: $r_s = -0,70$ ($p< 0,05$), mostrando que a medida que se incrementa la superficie de

Tabla 1. Descripción de los establecimientos encuestados (n=17).

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Totales
Número de establecimientos	4	4	5	4	17
Nº Vacas Totales ¹ (VT)	111±33	242±58	322±53	758±383	352±297
Nº Vacas en ordeño ¹ (VO)	86±16	182±18	244±40	643±347	286±260
Superficie campo ¹ (ha)	127±49	153±32	366±130	779±290	356±297
Duración de ordeño + suplementación ¹ (horas/día)	4:50 ± 1:16	7:23 ± 1:16	7:41 ± 2:59	9:12 ± 2:35	7:30 ± 2:30
Producción ¹ (L. /VO/ año)	4797±1980	7848±1700	5427±1078	4889±2190	5719±2002

¹ Valores expresados a través de la media ± desvío estándar

Tabla 2. Descripción del balance anual de Nitrógeno (N) según tamaño de tambos en la Provincia de Buenos Aires ¹.

	Grupo 1 (n=4)	Grupo 2(n=4)	Grupo 3(n=5)	Grupo 4(n=4)	Totales(n=17)
Tamaño medio* (N° Vacas Totales/ tambo)	111	242	322	758	352
Ingresos ^{**}(ton/año)					
Precipitaciones	0,005 ± 0,002	0,005 ± 0,002	0,005 ± 0,002	0,006 ± 0,001	0,005 ± 0,002
Alimentos externos	4,25 ± 4,42	9,15 ± 1,88	18,29 ± 16,53	69,32 ± 46,79	24,84 ± 34,04
Fertilizantes	2,92 ± 1,37	3,95 ± 2,04	8,16 ± 3,67	18,06 ± 6,53	8,27 ± 6,95
Fijación de N	3,35 ± 1,93	3,84 ± 1,09	12,44 ± 4,58	20,15 ± 2,76	10,09 ± 7,46
Total	10,53 ± 5,68	16,94 ± 3,76	38,89 ± 20,69	107,54 ± 54,86	43,2 ± 46,47
Egresos ^{**}(ton/año)					
Leche	2,43 ± 0,37	5,84 ± 1,25	9,40 ± 2,26	17,05 ± 10,62	8,72 ± 7,23
Carne	0,01 ± 0,01	0	0,24 ± 0,0	0,21 ± 0,17	0,16 ± 0,15
Total	2,44 ± 0,38	5,84 ± 1,25	9,45 ± 2,25	17,25 ± 10,56	8,78 ± 7,27
Balance Anual ^{**} (ton/año)	8,09 ± 5,35	11,10 ± 3,10	29,44 ± 18,89	90,29 ± 45,29	34,42 ± 39,73
Balance Anual^{**} (g N/L de leche)	14,25 ± 8,49	9,47 ± 2,92	13,85 ± 6,48	23,83 ± 6,01	15,26 ± 7,75

1- *Valores expresados a través de la media y ^{**} a través de la media ± desvío estándar

Tabla 3. Descripción del balance anual de Fósforo (P) según tamaño de tambos en la Provincia de Buenos Aires ¹.

	Grupo 1 (n=4)	Grupo 2(n=4)	Grupo 3(n=5)	Grupo 4(n=4)	Totales(n=17)
Tamaño medio* (N° Vacas Totales/ tambo)	111	242	322	758	352
Ingresos ^{**}(ton/año)					
Alimentos externos	0,71 ± 0,68	1,98 ± 0,68	3,11 ± 3,00	11,91 ± 7,51	4,35 ± 5,70
Fertilizantes	1,39 ± 0,9	1,92 ± 1,11	5,22 ± 2,17	8,24 ± 1,48	4,25 ± 3,10
Total	2,11 ± 1,54	3,90 ± 1,02	8,34 ± 4,08	20,15 ± 8,93	8,61 ± 8,32
Egresos ^{**}(ton/año)					
Leche	0,42 ± 0,06	1,01 ± 0,22	1,63 ± 0,39	2,96 ± 1,85	1,51 ± 1,26
Carne	0,02 ± 0,02	0,00	0,38 ± 0,0	0,16 ± 0,12	0,15 ± 0,15
Total	0,43 ± 0,08	1,01 ± 0,22	1,71 ± 0,40	3,12 ± 1,79	1,58 ± 1,29
Balance Anual ^{**} (ton/año)	1,75 ± 1,36	2,89 ± 0,99	6,63 ± 3,88	17,03 ± 7,31	7,05 ± 7,11
Balance Anual^{**} (g P/L de leche)	3,95 ± 1,63	2,52 ± 0,95	3,21 ± 1,64	4,51 ± 1,2	3,32 ± 1,61

1 - *Valores expresados a través de la media y ^{**} a través de la media ± desvío estándar

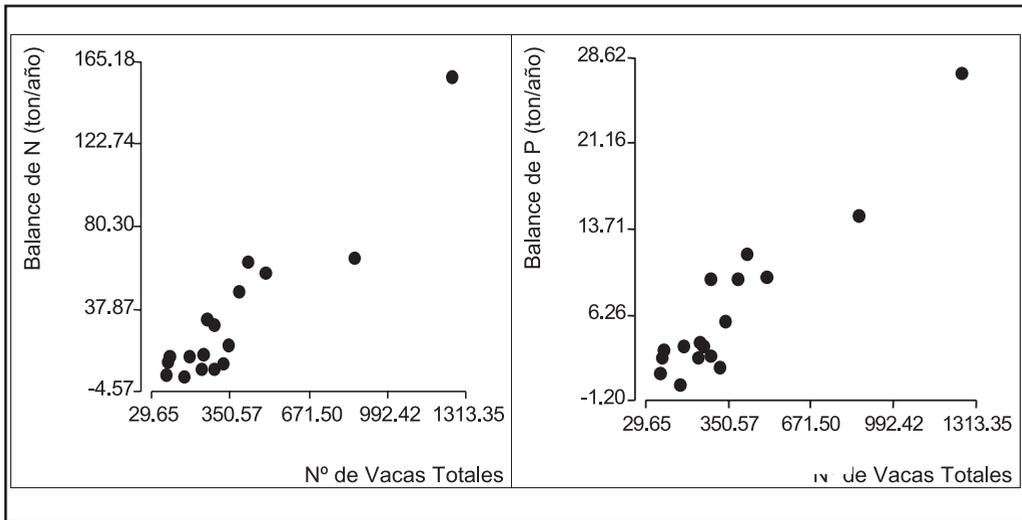


Figura 1. Diagramas de dispersión entre Balance total (N y P) y tamaño de tambo.

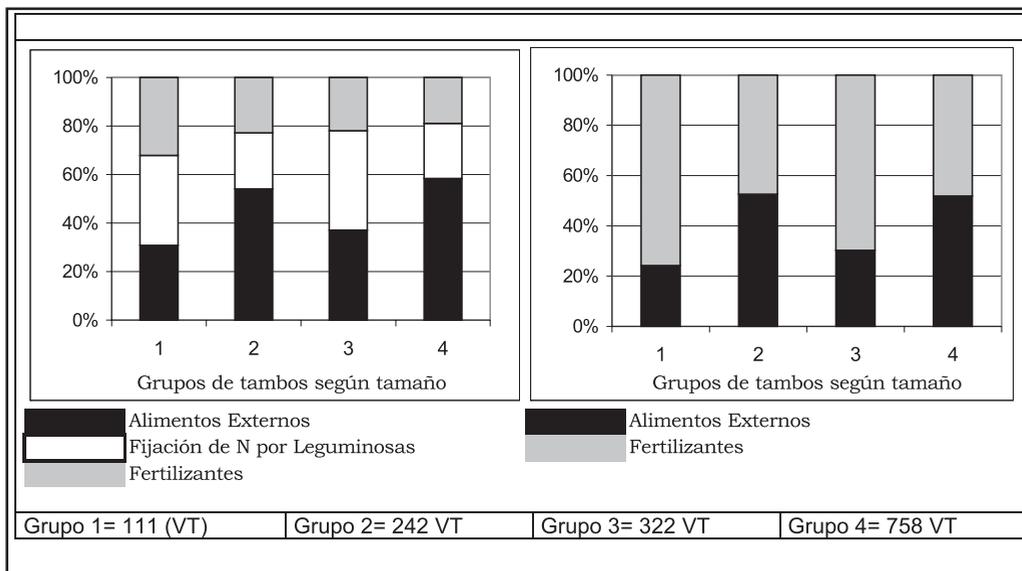


Figura 2. Incidencia porcentual de insumos en el ingreso total de N y P en tambos agrupados según número de vacas totales (VT).

pasturas disminuye la compra de alimento externo. La tabla 4 muestra los resultados obtenidos con respecto a los indicadores de aprovechamiento de nutrientes desarrollados.

Todos los grupos de establecimientos presentan valores relativamente similares de IUN, tanto para N como para P. Los valores menores de IUN indican mayor eficiencia de utilización de los nutrientes⁴. Al considerar el IUN, ICN y EGB, con el tamaño no se halló asociación según análisis de correlación de Spearman ($p > 0,05$). Se encontró que los indicadores de consumo de nutrientes de N y P están fuertemente asociados en forma positiva, $r = 0,86$ ($p < 0,05$). Es decir, que a mayor ICN para N mayor ICN para P, y viceversa. Dado que el ICN puede considerarse un indicador del grado de ineficiencia, se sospechó que era mayor para P que para N. Para corroborarlo, se realizó una prueba T para diferencias apareadas unilateral, resultando que la media de las diferencias del ICN para N con respecto al ICN para P es menor que cero ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para ambos nutrientes, respecto al balance predial (ton/año) (tablas 2 y 3), son consistentes con los obtenidos por otros autores en el ámbito internacional para igual metodología de cálculo de balance y agrupamientos similares de tamaño de tambos⁴, mostrando que los excesos de nutrientes se van incrementando a medida que aumenta el tamaño de la explotación. Sin embargo, otros autores^{20, 21} muestran valores promedio de balance predial de N de 54 ton/año y de 6,3 ton/año para el P, para un total de 23 establecimientos con cantidad similar de vacas totales y de base pastoril. Esto representa casi el doble de N en exceso comparado con los resultados obtenidos en este trabajo, y valores semejantes para el P. Estos autores^{20,21} obtuvieron valores de 19,54 g N y de 2,28 g P, ambos expresados por L de leche producida, mostrando la situación local un balance por producto de un 20% menor, para el N que el

Tabla 4: Descripción de indicadores de aprovechamiento de nutrientes (N y P) según tamaño de tambos en la Provincia de Buenos Aires ¹.

	Grupo 1 (n=4)	Grupo 2(n=4)	Grupo 3(n=5)	Grupo 4(n=4)	Totales(n=17)
Tamaño medio* (N° Vacas Totales/ tambo)	111	242	322	758	352
Nitrógeno**					
IUN ⁽²⁾ (%)	72,20 ±12,25	65,02 ±6,32	70,72 ±13,88	84,14 ±5,09	72,33 ±11,37
EGB ⁽³⁾ (%)	28,01 ±12,06	35,31 ±6,54	30,01 ±13,22	16,76 ±4,70	27,67 ±11,37
ICN ⁽⁴⁾	4,11 ±1,70	2,91 ±0,59	3,78 ±1,29	6,43 ±2,25	4,28 ±1,92
Fósforo**					
IUN ⁽²⁾ (%)	82,38 ±4,5	72,69 ±9,65	76,18 ±9,59	84,69 ±4,67	77,22 ±8,77
EGB ⁽³⁾ (%)	17,62 ±3,95	27,44 ±9,59	24,52 ±9,08	16,39 ±4,18	21,93±8.29
ICN ⁽⁴⁾	5,91 ±1,39	3,93 ±1,10	4,65 ±2,01	6,42 ±1,69	5,15 ±1,78

¹ -* Valores expresados a través de la media y ** a través de la media ± desvío estándar

⁽²⁾ IUN (%) = [(exceso N-P / ingreso N-P) x 100]

⁽³⁾ EGB (%) = [(egreso N-P / ingreso N-P) x 100]

⁽⁴⁾ ICN = (ingreso N-P/ egreso N-P)

promedio hallado en otros países. En el caso del P, el balance por producto en otros países resulta en un 50% menor. Es importante, sin embargo, tener en cuenta la producción de leche anual (L/VO/año). Los valores presentados en la bibliografía^{20,21} casi duplican a los obtenidos por los productores locales (9.732 L. vs. 5.729 L.), lo cual muestra que tambos de otros países alcanzan una mayor eficiencia en el uso de estos nutrientes en relación a la producción de leche obtenida.

Cuando fue evaluada la proporción de los insumos en los respectivos balances (NyP-Figura 2) con los resultados obtenidos por otros autores^{20,21}, se observa que para los tambos locales los alimentos externos representan el 44,6%, los fertilizantes el 23,82% y la fijación de N el 31,56%, del total de N ingresado. Los valores hallados en el ámbito internacional son del 58,15%, 11,5% y 30,35% respectivamente. Para nuestro caso, se puede ver que la proporción de alimentos externos es menor, compensada en parte por la cantidad de N ingresada al sistema por pasturas con leguminosas y por fertilizantes. Si bien ambos sistemas comparados son de base pastoril, la proporción de superficie asignada por animal resultó mayor en los establecimientos que participaron de este estudio. Cuando se analiza el balance predial de P, se observa que en los tambos evaluados la proporción de este nutriente ingresado por alimentos externos resulta en un 34,14% y por fertilizantes un 60,86%, mientras que otros autores^{20,21} plantean un 66,66% y un 33,34% respectivamente. En este caso, preocupa la cantidad de P ingresada por fertilizantes en los tambos encuestados, ya que pudo observarse que las dosis y los momentos de aplicación fueron similares en todos los establecimientos. Cuando se consultó a los productores sobre las estrategias de fertilización empleadas, respondieron que

generalmente utilizaban paquetes tecnológicos masivamente recomendados y que no realizaban análisis de suelos con frecuencia, aspecto que puede resultar en un exceso de nutrientes aplicados, y no adecuados a las necesidades de crecimiento de los recursos forrajeros.

La falta de asociación entre los nutrientes ingresados al sistema a partir de los diferentes insumos y el número de vacas totales de la explotación, revela que no existe un estilo de sistema de producción que represente a cada grupo de tamaño. La proporción de estos insumos podría responder a otras variables, además de las aquí analizadas, como por ejemplo, estrategias de alimentación, precios relativos de los alimentos, situaciones coyunturales de la actividad, etc., aspectos que no fueron contemplados en esta encuesta.

Los valores de IUN para N y P son consistentes con los valores de otros autores⁴ para igual agrupamiento de tamaño de explotación. Este indicador refleja las ineficiencias biológicas de excreción de nutrientes por parte de los animales. Aunque las excreciones de N y P están influenciadas por distintos factores, como ser la composición de la dieta, el consumo y la eficiencia productiva, se puede inferir que una vaca lechera excretará aproximadamente entre el 65 y 85% del N y entre el 74 y 81% del P ingresados por el alimento^{23,25}. Distintos autores^{23,26} plantean que la estrategia de mayor importancia para disminuir la excreción nitrogenada se relaciona con el manejo nutricional, logrando reducir dicha excreción en un 15% mediante una mayor digestibilidad y valor biológico de los alimentos e incorporando una mayor proporción de proteínas no degradables a nivel ruminal. Los mismos autores plantean para el caso del P, una vez disminuidos los excesos que provienen de los fertilizantes, el paso siguiente es utilizar la eficiencia de los rumiantes en lo referente al

aprovechamiento del mecanismo de excreción de P endógeno por la saliva, dado que una vaca lechera puede producir 60 g/día de P en saliva, cantidad suficiente para abastecer las necesidades de mantenimiento y de producción de 20 L de leche /día⁵. Si la alimentación fuera basada en pasturas, utilizarían fácilmente el P proveniente de esta dieta. La estrategia para reducir la excreción de P en tambos pastoriles, sería entonces reducir el ingreso de P proveniente de los concentrados²³.

El indicador que muestra la eficiencia de aprovechamiento de cada nutriente es el EGB. Los valores de EGB de N de los tambos encuestados (16,76% a 35,31%) presentan semejanzas con los presentados por otros autores 15%¹, 28,6%²⁰ y 46%³. Sin embargo, en el caso del P, la eficiencia hallada es menor (16,39% a 27,44%) comparado con los mismos autores 42%²¹, 44%¹ y 66%³. La mayor eficiencia planteada^{20, 21}, puede deberse a que incluyen como un egreso en el balance (18% del egreso de P y sólo el 8% del N), a la exportación, desde el establecimiento, del estiércol excedente que no es utilizado como abono en el propio predio. En los tambos de la Cuenca de Abasto este egreso no está considerado, dado que dicha práctica no es realizada.

El ICN de N calculado (4,3:1) supera a los hallados por otros autores en predios lecheros pastoriles, en un 30% (3,3:1)¹⁶, en un 22% (3,5:1)^{9, 20}. A través del ICN de P (5,2:1), encontramos que los tambos encuestados presentan, todavía, una relación más amplia, comparados con los extranjeros. Requieren entre un 53% (3,4:1)¹⁶ y un 116% (2,4:1)²¹ más de P ingresado por unidad de P egresado del predio como producto. Esta relación resulta aún más amplia, cuando se comparan los tambos de la cuenca con otros estabulados: ICN de N superior en un 70% (2,5:1)²⁰; ICN de P mayor

en un 200% (1,4:1)²¹. En este último caso, estos valores de eficiencia son comprensibles dado que los únicos ingresos de nutrientes corresponden a los alimentos externos, a partir de una ración estrictamente planificada desde aspectos productivos y económicos. En el caso de los tambos pastoriles, la eficiencia total resulta más difícil de controlar ya que depende de las eficiencias de los subsistemas, como por ejemplo, utilización por las plantas de los nutrientes aplicados como fertilizantes, eficiencia de la fijación de N, eficiencia del manejo del pastoreo, consumo de forraje, suplementación adecuada y niveles de producción logrados.

La asociación hallada entre el ICN de N y el ICN de P muestra que las ineficiencias se presentan para todo el sistema de producción independientemente del nutriente considerado. La comparación de las ineficiencias de ambos nutrientes mostró que el manejo del P resulta más ineficiente que el del N. Esta situación podría llegar a explicarse dada la complejidad del aprovechamiento del P por parte de las especies forrajeras, por los animales, según tipo de pastoreo⁷, y finalmente, por su propio metabolismo de los nutrientes ingresados²³. El otro punto a considerar es el P depositado en el cuerpo de las vacas (nutriente que se encuentra en mayor proporción que el N), que hasta el momento de la venta de las mismas, no está considerado en los productos exportados, siendo un factor no considerado en la metodología utilizada en el cálculo de balances²⁷.

Los resultados obtenidos permitieron avanzar sobre la caracterización de los balances de nutrientes y de las ineficiencias producidas. Se puede observar que a partir de todas las evaluaciones realizadas el P aparece como el nutriente que es utilizado con menor eficiencia.

Es importante considerar cuál será la ubicación final de los nutrientes hallados en

exceso. En el caso de tambos pastoriles es deseable que la mayor cantidad de orina y heces quede distribuida en los potreros en los cuales se realiza el pastoreo. La cantidad y distribución de estos residuos en los potreros dependerán del manejo que se realice, pudiendo llegar a valores del 70 al 80% del total de heces producidas²⁹. La cantidad restante es la que se depositará en la instalación de ordeño, desde la cual pueden ser recolectadas para utilizarse como abono. La reutilización, tanto del estiércol (sólido) como de los efluentes (líquidos), es un paso importante para disminuir el consumo de fertilizantes químicos, y por consecuencia, mejorar los balances y las eficiencias de aprovechamiento, tanto de N como de P. En el caso del P resulta fundamental considerar esta práctica como una forma de disminuir el consumo de fertilizantes externos, rubro importante dentro de los insumos de los tambos evaluados.

La producción animal, en este caso la lechera, está inevitablemente asociada con la producción de residuos y en consecuencia, con algún grado de polución ambiental. Diferentes estrategias nutricionales y de fertilización son posibles de aplicar para minimizar el impacto ambiental, sin embargo la reducción de algunas empeora el impacto de otras. La evaluación de los balances resulta una herramienta necesaria para lograr la reducción de la excreción de nutrientes, desde una comprensión integral del sistema productivo, buscando la mejor ecuación productiva, económica y ambiental.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se realizó con financiación proveniente de la Programación UBACyT 2004/2007- Proyecto V050. Los autores agradecen la buena disposición de los productores encuestados en las localidades de

Carmen de Areco (Cuenca Abasto Norte) y Castelli (C. Abasto Sur) y la colaboración brindada por el Ing. Agr. Héctor Buffoni (GOT Salado Norte, INTA).

BIBLIOGRAFÍA

1. AARTS, H. F. M.; BIEWINGA, E. E.; VAN KEULEN, H. -1992- Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Neth. K. Agric. Sci.* 40: 285-299
2. ATKINSON, D. y WATSON, C.A. -1996- The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands- *Animal Science.* 63: 353 -361.
3. BACON, S. C., LANYON, L. E.; SCHLAUDER, Jr, R. M. -1990- Plant nutrient flow in the managed pathways of an intensive dairy farm. *Agron. J.* 82: 755-761
4. BOULDIN, D. R.; KLAUSNER, S. D. Managing nutrients in manure: General principles and applications to dairy manure in New York. In HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (ed)-*Animal waste utilization: Effective use of manure as a soil resource.* Lewis publishers, USA, 2002, pag. 65-88
5. BREVES, G.; SCHÖDER, B. -1991- Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nut. Res.Rev.* 4: 125-140
6. COCHRAN, W.G. (ed.)- Capítulo 5 – En *Técnicas de muestreo.* 2º ed. Compañía editorial continental S.A. – D.F. Méjico. 1980, pág. 125 -153
7. DÍAZ ZORITA, M. -2001- El ciclo de nutrientes en sistemas pastoriles – En *Taller de Manejo de pastoreo – Soporte Informático – Asoc. Arg. De Prod. Anim., Balcarce, Argentina.* 17 Pág.
8. DOU, Z.; KOHN, R. A.; FERGUSON, J. D.; BOSTON R. C.; NEWBOLD, J. D. -1996- Managing nitrogen on dairy farms: An integrated approach I. Model description. *J. Dairy Sci.* 79 (11): 2071-2080
9. DOU, Z.; LANYON, L. E.; FERGUSON, J. D.; KOHN, R. A.; BOSTON R. C.; CHALUPA, W. –

- 1998- An integrated approach to managing nitrogen on dairy farms: evaluation of farm performance using the Dairy Nitrogen Planner. *Agron. J.* 90 (5): 573-581
10. DOU, Z., GALLIGAN, D.T., ALLSHOUSE, J. D.; TOTH, C.F.; RAMBERG, Jr.; FERGUSON, J.D. –2001- Manure Sampling for Nutrient Analysis: Variability and Sampling Efficacy. *J. Environ. Qual.* 30: 1432-1437.
 11. EPA, Office of Water. 2000. Animal Feeding operations in National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Agriculture en Watershed protection. www.epa.gov/owow/nps/agmm/index.html
 12. HERRERO, M. A.; MALDONADO MAY, V.; SARDI, G.; FLORES, M.; ORLANDO A.; CARBÓ L. –2000- Distribución de la Calidad de Agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios Bonaerenses , II – Condiciones de manejo y grado de contaminación, *Rev. Arg. Prod. Ani.* 20 (3-4): 237–252
 13. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA -1995 - ReqNov. INTA Balcarce. Soporte Informático.
 14. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA.-1987- Carta de suelos de la República Argentina. Ed. INTA-CIRN. Hojas 3560, 3760, 3557, 3757.
 15. IVERSEN, K.V.; DAVIS, J. G.; VIGIL, M. F. – 1997- Variability of Manure Nutrient Content and Impact on Manure Sampling Protocol. P.239. 1997 *Agronomy Abstracts.* ASA. Madison, WI.
 16. KLAUSNER, S. D.; FOX, D. G.; RASMUSSEN, C. N.; PITT, R. E.; TYLUNTKI, T. P.; WRIGHT, P. E.; CHASE, L. E.; STONE, W. C. –1998- Improving dairy farm sustainability I: An approach to animal and crop nutrient management planning. *J. Prod. Agric.* 11: 225-223
 17. KOELSCH, R.; LESOING, G. –1999- Nutrient balance on Nebraska livestock confinement systems. *J. Anim. Sci.* 77 Suppl. 2/*J. Dairy Sci.*, 82, Suppl. 2: 63-71
 18. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) – 1996 -Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition National Academy Press, Washington D.C.
 19. NOSETTI, L.; HERRERO, M. A.; POL, M.; MALDONADO MAY, V.; GEMINI, V.; ROSSI, S.; KOROL, S.; FLORES, M. –2002- Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros, parte II. Calidad de efluentes y eficiencia de los procesos de tratamiento *Rev. INVET Investigación Veterinaria – Fac. Ciencias Veterinarias - UBA – 4 (1): 45-54*
 20. SPEARS, R. A.; KOHN, R. A.; YOUNG, A. J. – 2003- Whole-farm Nitrogen Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Science* 86 (12): 4178-4186
 21. SPEARS, R. A.; YOUNG, A. J.; KOHN, R. A. – 2003- Whole-farm Phosphorus Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Science* 86 (2): 688-695
 22. STOATE, C; BOATMAN, N. D.; BORRALHO, R. J.; RIO CARVALHO, C.; de SNOO, G.R.; EDEN, P. –2001- Ecological impacts of arable intensification in Europe. *J. Environ. Manag.* 63: 337-365
 23. TAMMINGA, S. –1996- A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74: 3112-3124
 24. USDA, National Resources Conservation Service, 1992. National Engineering Handbook (NEH): Part 651 - Agricultural Waste Management Field Handbook [online] Chap. 6: Role of plants in waste management. Disponible en la World Wide Web: <ftp://ftp.ftw.nrcs.usda.gov/pub/awmfh/chap6.pdf> [20 de Julio 2003].
 25. VAN HORN, H. H.; WILKIE, A. C.; POWERS, W. J.; NORDSTEDT, R. A. –1994- Components of Dairy Manure Management Systems. *Journal of Dairy Science* 77 (7): 2008 - 2030.
 26. VAN HORN, H. H.; NEWTON, G. L.; KUNKLE, W. E. –1996- Ruminant Nutrition from an Environmental Perspective: Factors Affecting Whole-Farm Nutrient Balance. *J. Anim. Sci.* 74: 3082-3102
 27. VIGLIZZO, E. F.; PORDOMINGO, A. J.; CASTRO, M. G.; LÉRTORA, F. –2002- La

- sustentabilidad ambiental del agro pampeano. Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria Edic.INTA, pag. 84.
28. WANG, S. J.; FOX, S. G.; CHERNEY, D. J. R.; CHASE, L. E.; TEDESCHI, L. O. –2000- Whole-herd optimization with the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. III. Application of an optimization model to evaluate alternatives to reduce nitrogen and phosphorus mass balance. *J. Dairy Sci.* 83: 2160-2169
29. WHITE, S. L.; SHEFFIELD, R. E.; WASHBURN, S. P.; KING, L. D.; GREEN, J. T. –2001- Spatial and time distribution on dairy cattle excreta in an intensive pasture system. *J. Environ. Qual.* 30: 2180-2187