

# Transferencia de nutrientes del área de pastoreo a la de ordeño, en tambos semiextensivos en Buenos Aires, Argentina

HERRERO, M. A.<sup>1</sup>; GIL, S. B.<sup>2</sup>; SARDI, G. M.<sup>1</sup>; FLORES, M. C.<sup>3</sup>; CARBÓ, L. I.<sup>1</sup>; ORLANDO, A. A.<sup>1</sup>

## RESUMEN

En tambos pastoriles, los nutrientes presentes en las excretas reingresan al sistema con una distribución irregular, donde el área de ordeño resulta un sector de gran acumulación. El objetivo fue cuantificar los excedentes de nitrógeno y fósforo transferidos anualmente al área de ordeño según tiempos de permanencia (TP), en sistemas de producción lechera bovina en la provincia de Buenos Aires. Los excedentes se cuantificaron en 17 establecimientos a partir del cálculo de balances realizado por diferencia entre ingresos (nutrientes aportados por la ración total de la vaca en ordeño) y egresos (leche producida). Para establecer el excedente real transferido al área de ordeño se consideró el TP diario real de los animales (ordeño y alimentación), y para definir el excedente de transferencia mínimo se estableció un TP óptimo de 4 horas/día. El 88% de los tambos evaluados presentó un TP mayor al óptimo. La prueba de Wilcoxon arrojó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores centrales de ambas distribuciones (excedentes reales y óptimos), mostrando la persistencia de mayores excedentes de NyP que los óptimos. Las consecuencias resultarán en pérdida de fertilidad en los potreros y mayor concentración de nutrientes en áreas que se convierten además, en fuentes potenciales de contaminación del agua superficial y subterránea.

*Palabras clave:* (transferencia de nutrientes), (nitrógeno), (fósforo), (producción lechera)

<sup>1</sup>Área de Bases Agrícolas (Producción Animal),

<sup>2</sup>Área de Bovinos de Carne (Producción Animal),

<sup>3</sup>Área de Bioestadística, Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA

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

## Nutrient transference from paddocks to milking area in grazing dairy farms in Buenos Aires, Argentina

### ABSTRACT

In grazing dairy farm systems, nutrients present in excreta return to the system with irregular distributions, with great accumulation in the milking area. The objective of this study was to quantify excess Nitrogen and Phosphorus (N&P) transferred annually to the milking area according to permanency time (PT) in this area, in bovine milk production systems in the Buenos Aires Province. Nutrient excess was quantified in 17 farms, based on the N&P balances estimated by the difference between inputs (nutrients provided by the total ration for milking cows) and outputs (milk production). To establish the real excess of the balance that is transferred to the milking area, the real daily PT of the animals (milking and feeding) was considered. An optimum PT was established in 4 hours/day to define the minimum transferred excess. The 88% of the farms evaluated presented a PT over the optimum. The Wilcoxon test showed significant differences ( $p < 0.05$ ) between the central values in both distributions (real excess-optimum excess), showing the persistence of more N&P excess than the optimums. As a consequence, there will be loss of field fertility and a nutrient concentration in areas that become potential sources of surface and groundwater contamination.

*Key words:* (nutrient transference), (nitrogen), (phosphorus), (dairy production)

### INTRODUCCIÓN

En los sistemas pastoriles el ganado consume nutrientes de los forrajes y suplementos. Una parte de los mismos es exportada desde el establecimiento con los productos (leche, carne y fibra), y la otra es excretada en heces y orina. En los sistemas de producción lechera pastoril, dichos nutrientes reingresan al sistema a través de una distribución irregular de las excretas (heces+orina)<sup>21</sup>. Solo una proporción de los mismos será depositada en los potreros de pastoreo y reciclados por las plantas. Los nutrientes que no reingresan a las pasturas por esta vía, se concentrarán en áreas no productivas como instalaciones de ordeño, callejones, y corrales<sup>5, 21</sup>.

En este contexto, en el cual se desconoce qué sucede con los nutrientes presentes en las excretas, se hace necesario cuantificar cuáles de ellos son restituidos al suelo reingresando fertilidad al sistema y cuales se acumularán en áreas no productivas, pudiendo en este caso, provocar contaminación donde se acumulan y degradación en los potreros desde donde se transfieren<sup>1, 4</sup>.

En los últimos años, la producción nacional de leche bovina mostró una tendencia de intensificación en sus sistemas, expresado en aumento de la carga animal, mejoras en la genética, mayor suplementación y calidad de los alimentos. La consecuencia de este incremento trae aparejado una producción importante de estiércol (excretas sólidas) cuya disposición final requiere especial cuidado, por el efecto

que tal concentración pueda ejercer sobre el ambiente. Se podría estimar que su producción en Argentina se encuentra en el orden de 1,4 millones de Mg/año <sup>2</sup>.

El manejo de nutrientes es una temática 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 acotados a sectores del establecimiento (diferencia entre ingresos provenientes por insumos y egresos a través del producto) permiten comprender su dinámica y conocer la transferencia de dichos nutrientes a diferentes sectores del mismo predio <sup>1, 4, 6, 14, 15, 18, 19</sup>.

En producciones lecheras, el tiempo diario de permanencia de los animales en el área de ordeño (instalaciones y corrales de alimentación) es variable; depende del manejo y del diseño de las instalaciones, convirtiendo a este sector en el área de mayor acumulación de nutrientes, restando reposición de fertilidad en los potreros.

El objetivo del trabajo fue cuantificar los excedentes de nitrógeno y fósforo transferidos anualmente al área de ordeño en relación con los tiempos de permanencia reales y óptimos según manejo, en sistemas de producción lechera bovina en la provincia de Buenos Aires.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de dos zonas ubicadas en las cuencas lecheras de Abasto Norte y Sur de la provincia de Buenos Aires se realizó a partir de información agroecológica <sup>9</sup>. Se estratificó el universo de establecimientos según las variables superficie y presencia o 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

explotaciones de distintos tamaños, con sistemas productivos de base pastoril y suplementación estratégica. La selección se hizo mediante Muestreo Estratificado Simple al Azar con asignación Proporcional<sup>3</sup>, determinando 4 estratos según número de vacas totales:  $\leq 150$ , entre 151 y 300, entre 301 y 600 y  $> 600$ , obteniéndose un total de 30 establecimientos posibles de ser estudiados.

En cada zona se contactaron asociaciones de productores y cooperativas lecheras, organizándose una reunión informativa con los productores previamente elegidos. Posteriormente se mantuvieron entrevistas personales con los 17 productores que habían aceptado participar, donde fueron completadas 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 de producción y obtener la información necesaria para la realización del cálculo de los excedentes. Además se recolectó información pormenorizada sobre el diseño de instalaciones, duración de ordeños, tamaño de corrales de alimentación, y sobre los componentes de la ración total de la vaca en ordeño y el manejo de la suplementación según rodeos en las diferentes estaciones del año.

La información obtenida permitió realizar los cálculos de los excedentes de nitrógeno y fósforo (NyP), los que se obtuvieron a partir del cálculo de balances de nutrientes por diferencia entre ingresos y egresos cuantificables de cada mineral <sup>14, 15, 11, 20</sup>. La metodología de cálculo de los balances considera el ingreso de nutrientes al área de ordeño a partir de la ración total de la vaca en ordeño (alimentos externos y de producción propia). En el cálculo de los egresos se consideró el nutriente exportado a través de la leche. Los balances totales de NyP fueron

obtenidos, por lo tanto, por diferencia entre los ingresos por alimentos y egresos a través de la leche<sup>20</sup>.

Los valores bibliográficos de referencia sobre contenido de nutrientes fueron expresados sobre la base de materia seca<sup>8, 12, 13, 17</sup> y se consideraron adecuados para estimaciones regionales del potencial de nutrientes reciclables, a pesar de la variabilidad planteada por diferentes autores<sup>7, 10</sup>. Tanto los ingresos como los egresos fueron expresados en base anual (toneladas/año y Kg N-P/vaca en ordeño)<sup>11, 14, 15</sup>. El tamaño del establecimiento (área de ordeño) quedó establecido a partir del número de vacas en ordeño<sup>14, 15</sup>.

Para conocer la proporción real de estos excedentes (balances totales) depositados en el área de ordeño mediante las excretas (orina+heces), y estimar así la transferencia de nutrientes a la misma, se utilizó la información de las encuestas sobre el tiempo de permanencia real diario (duración del ordeño y alimentación en corrales, expresado en horas). La estimación de la cantidad de excretas depositadas por hora fue establecida a partir de bibliografía nacional<sup>13, 16</sup> e internacional<sup>21</sup>. La misma indica que una vaca depositará, por hora de estancia en el área de ordeño y/o de suplementación, en promedio el 5,78% del total de excretas diarias. El tiempo de permanencia óptimo, acorde a buenas prácticas de manejo, que permitirá conocer la mínima transferencia de nutrientes a este área, se consideró en un máximo de 2 horas/ordeño (4 horas/día). Resulta, entonces, que la proporción óptima de excretas diaria será de 23,12% (5,78% x 4 horas por día) y la proporción real de excretas depositadas surgirá de multiplicar el número de horas reales correspondientes al tiempo de permanencia en cada tambo x 5,78%/hora. Los resultados quedan expresados, por lo tanto, en Balances reales y Balances óptimos de NyP en

toneladas/año y en kg/Vaca en Ordeño/año, donde los Balances reales se obtienen con los tiempos de permanencia reales de cada establecimiento y los Balances óptimos con el tiempo de permanencia óptimo.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo con la información obtenida de las encuestas de todos los establecimientos. Para comparar la distribución de los balances remanentes en el área de ordeño, reales y óptimos, se utilizó la prueba de Wilcoxon (observaciones apareadas).

## RESULTADOS

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

Los valores obtenidos con respecto al tiempo real de permanencia en el área de ordeño fueron de 7 horas 30 minutos en promedio, registrando valores mínimos de 4 horas y máximos de 11 horas 30 minutos. La duración de ambos ordeños diarios contribuyó con 5 horas (mínimo 1 hora 30 minutos y máximo 10 horas) y la actividad de alimentación en los corrales anexos a la instalación de ordeño, con 2 horas 30 minutos (mínimo 0 y máximo 6 horas).

El 88% de los tambos evaluados posee un TP mayor al óptimo, mostrando un balance real (ton/año), tanto de N como de P, superior en 2 veces el óptimo, y expresados en kg/Vaca en ordeño/año, en alrededor de 1,5 veces.

Los balances totales de N y P, y los excedentes (balances) reales y óptimos según tiempos de permanencia, se presentan en las tablas 2 y 3. Se hallaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores centrales de ambas distribuciones, mostrando que en condiciones reales, en las áreas de ordeño, persisten mayores excedentes de NyP que los óptimos.

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

<sup>1</sup> Valores expresados a través de la media ± desvío estándar

Tabla 2. Variables componentes del cálculo de Transferencia de nitrógeno (N) y Balances de N totales y remanentes en área de ordeño (reales y óptimos) de 17 establecimientos de producción lechera bovina en la provincia de Buenos Aires

			Grupo 1 (n=4)	Grupo 2(n=4)	Grupo 3(n=5)	Grupo 4(n=4)	Totales(n=17)
Nº promedio Vacas en Ordeño/tambo			86	182	244	643	286
Ingreso por alimentos <sup>1</sup> (ton/año)			14,94 (10,4 -18,03)	25,9 (22,6-34,8)	44,6 (29,2-64,6)	84,02 (70,9-187,9)	32,92 (10,4-187,9)
Egreso por Leche <sup>1</sup> (ton/año)			2,70 (2,36 -2,94)	6,9 (4,9-7,1)	8,7 (7,1-12,7)	15,9 (13,3-32,1)	7,12 (2,36-32,1)
Balance Anual total <sup>1</sup> (ton/año)			12,29 (7,8 - 15,3)	19,82 (17,7-27,6)	35,9 (22,2-51,9)	68,1 (57,6-155,8)	25,33 (7,8- 155,8)
Balance Anual total <sup>1</sup> (kg N/VO)			138,8 (103,6-179,6)	110,1 (93,4-153,6)	167,3 (96,4-176,9)	156,9 (91,3-170,9)	143,46 (91,3-179,6)
Excretas diarias en área de ordeño <sup>1</sup> (%)			25,6 (21,7-31,2)	39,3 (34,3 - 45,1)	39,3 (28,9-59,2)	48,6 (38,7 -65,8)	39,3 (21,7-65,8)
Balance remanente en área de ordeño <sup>1</sup>	Real	Ton/año	2,9 (2,4-3,7)	7,7 (6,9-10,9)	14,1 (6,4-29,9)	39,2 (26,6-60,3)	10,86 (2,4- 60,3)
		Kg/VO	35,6 (24,3-48,3)	43,8 (36,7-60,3)	67,9 (27,8-96,7)	63,6 (55,6-98,8)	51,11 (24,3-98,8)
	Optimo	Ton/año	2,8 (1,8-3,5)	4,6 (4,1-6,4)	8,3 (5,1-11,9)	16,8 (13,3-40,7)	5,9 (1,8-40,7)
		Kg/VO	32,1 (23,9-41,5)	25,5 (21,6-35,5)	38,7 (22,3-40,9)	38,5 (22,9-41,1)	35,5 (21,6-41,5)

<sup>1</sup> - Valores expresados a través de la mediana y rango (mínimo-máximo)

VO = vaca en ordeño

Tabla 3. Variables componentes del cálculo de Transferencia de P y Balances de P totales y remanentes en área de ordeño (reales y óptimos) de 17 establecimientos de producción lechera bovina en la provincia de Buenos Aires.

			Grupo 1 (n=4)	Grupo 2(n=4)	Grupo 3(n=5)	Grupo 4(n=4)	Totales(n=17)
Nº promedio Vacas en Ordeño/tambo			86	182	244	643	286
Ingreso por alimentos <sup>1</sup> (ton/año)			2,0 (1,2-2,3)	4,3 (3,0 -5,0)	5,1 (4,3-9,0)	12,7 (9,8-34,0)	4,8 (1,2-34,0)
Egreso por Leche <sup>1</sup> (ton/año)			0,5 (0,4-0,5)	1,1 (0,8-1,23)	1,5 (1,2-2,2)	2,8 (2,3-5,6)	1,2 (0,4-5,6)
Balance Anual total <sup>1</sup> (ton/año)			1,5 (0,8-1,8)	3,1 (2,2-4,1)	3,6 (3,0-6,8)	10,1 (7,1-28,4)	3,58 (0,8-28,4)
Balance Anual total <sup>1</sup> (kg N/VO)			18,9 (7,3-23,2)	16,8 (13,3-21,5)	17,2 (13,6-21,9)	22,0 (14,2-28,3)	17,8 (7,3-28,3)
Excretas diarias en área de ordeño <sup>1</sup> (%)			25,6 (21,7-31,2)	39,3 (34,3 - 45,1)	39,3 (28,9-59,2)	48,6 (38,7 -65,9)	39,3 (21,7-65,9)
Balance remanente en área de ordeño <sup>1</sup>	Real	Ton/año	0,39 (0,2- 0,5)	1,2 (0,9 - 1,6)	1,5 (1,0 - 3,9)	6,3 (2,8 - 11,0)	1,4 (0,2 - 11,0)
		Kg/VO	4,9 (1,7 - 6,5)	7,0 (4,6 - 8,5)	6,8 (4,4 - 12,7)	9,8 (7,0 - 16,4)	6,8 (1,7 - 16,4)
	Optimo	Ton/año	0,35 (0,2 - 0,4)	0,7 (0,5 - 0,9)	0,8 (0,7 - 1,6)	2,3 (1,6 - 6,6)	0,8 (0,2 - 6,6)
		Kg/VO	4,4 (1,7 - 5,4)	3,9 (3,1 - 5,0)	4,0 (3,1 - 5,3)	5,1 (3,3 - 6,5)	4,1 (1,7 - 6,5)

<sup>1</sup> Valores expresados a través de la mediana y rango (mínimo-máximo)

<sup>2</sup> VO = vaca en ordeño

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cinco productores, en cuyos establecimientos la duración del ordeño se encontraba entre 6 y 10 horas diarias, fueron consultados sobre las posibles causas de tanta permanencia. En todos los casos respondieron que habían aumentado la cantidad de vacas sin modificar las instalaciones del tambo. Por lo tanto, la falta de concordancia entre diseño - especialmente dimensiones- y número de vacas en ordeño, aparece como razón importante que justifica la estancia prolongada de las vacas en la zona del tambo propiamente dicha. Esta situación trae como consecuencia el incremento de los residuos orgánicos que deberán recibir un tratamiento adecuado.

Con respecto al tiempo transcurrido en corrales de alimentación, a excepción de cinco establecimientos en que suministraban los suplementos en los potreros, en el resto, las vacas permanecían entre 2 y 6 horas. En todos estos casos, el estiércol remanente en estos corrales no deriva a las lagunas de efluentes para su tratamiento, convirtiéndose en sectores de contaminación.

El exceso de estos nutrientes originado por un tiempo de permanencia mayor al óptimo, representa la mayor transferencia de NyP desde otros sectores del establecimiento (potreros), ocasionando una disminución de la fertilidad de los mismos, alterando, en consecuencia, la uniforme distribución y reciclaje de los nutrientes. A medida que se incrementa esta

transferencia, se aumenta la posibilidad de degradación de los potreros. Por otro lado, se genera un excedente de residuos (excretas) con NyP en determinadas áreas, que debe tener un apropiado tratamiento y/o reuso.

La cantidad de excretas eliminadas en el sector de tambo puede ser controlada a partir del manejo adecuado del tiempo de ordeño, el cual deriva del dimensionamiento correcto del área de ordeño, y de la ubicación y tiempo que se utilicen los corrales de alimentación. El diseño de las instalaciones de tratamiento de efluentes debe contemplar esta situación, para que estos excedentes no representen una fuente potencial de contaminación del agua superficial y subterránea, y así un costo ambiental asociado.

#### 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. ATKINSON, D.; WATSON, C.A. 1996. The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands- *Animal Science* 63: 353-361.
2. BOLTON, A.; STUDDERT, G. A.; ECHEVERRÍA, H. E. 2004. Utilización de estiércol de animales en confinamiento como fuente de recurso para la agricultura. *Rev. Arg. Prod. An.* 24 (1-2):53-74
3. COCHRAN, W.G. Capítulo 5. En *Técnicas de muestreo*. 2º ed. Compañía Editorial Continental S.A. – D.F. Méjico. 1980, pág. 125 -153
4. 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. Pág.17
5. DÍAZ-ZORITA, M.; BARRACO, M. 2002. ¿Cómo es el balance de P en los sistemas pastoriles de producción de carne en la región pampeana? Disponible en la World Wide Web [15 de Marzo de 2005] -[www.elsitioagricola.com/articulos/diazzorita/Balance](http://www.elsitioagricola.com/articulos/diazzorita/Balance)
6. 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
7. 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.
8. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. 1995. *ReqNov*. INTA Balcarce. Soporte Informático.
9. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. 1987. Carta de suelos de la República Argentina. Ed. INTA-CIRN. Hojas 3560, 3760, 3557, 3757.
10. IVERSEN, K.V.; DAVIS, J. G.; VIGIL, M. F. 1997. Variability of Manure Nutrient Content and Impact on Manure Sampling Protocol. Pág.239. 1997 *Agronomy Abstracts*. ASA. Madison, WI.
11. 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
12. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) 1996. Appendix tables. In *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. Seventh Revised Edition National Academy Press, Washington D.C., pág. 191-201
13. 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. *INVET*, 4 (1): 45-54
14. SPEARS, R. A.; KOHN, R. A.; YOUNG, A. J. 2003. Whole-farm Nitrogen Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Sci.* 86 (12): 4178-4186
15. SPEARS, R. A.; YOUNG, A. J.; KOHN, R. A. 2003. Whole-farm Phosphorus Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Sci.* 86 (2): 688-695
16. TAVERNA, M.; CHARLÓN, V.; PANIGATTI, C.; CASTILLO, A.; SERRANO, P.; GIORDANO, J. 2004. Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. (Ed.) INTA, Rafaela, Argentina. Pág. 75.
17. 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/awmflh/chap6.pdf>> [20 de Julio 2003].
18. VAN HORN, H. H.; WILKIE, A. C.; POWERS, W. J.; NORDSTEDT, R. A. 1994. Components of Dairy Manure Management Systems. *J. Dairy Sci.* 77 (7): 2008 - 2030.
19. 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
20. 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, Pág. 84.
21. 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.