

# Eficiencia de uso del nitrógeno por forrajeras abonadas con estiércol de bovinos lecheros en la región pampeana, Argentina

HERRERO, M.A.<sup>1</sup>; CHARLÓN, V.<sup>2</sup>; CARBÓ, L.I.<sup>1</sup>; CUATRÍN, A.<sup>2</sup>; SARDI, G.M.I.; ROMERO, L.1.<sup>2</sup>

## RESUMEN

La intensificación de los sistemas ganaderos con el consiguiente aumento de la carga animal incrementa la cantidad de estiércol que puede ser reutilizado como una fuente de nutrientes para cultivos forrajeros. El propósito del trabajo fue recopilar y comparar los resultados obtenidos de a) calidad de estiércol en diferentes zonas de producción lechera de la Argentina y b) resultados de ensayos realizados en dos ambientes climáticos diferentes sobre la eficiencia de utilización del nitrógeno (N) del estiércol de bovinos lecheros como fertilizante de recursos forrajeros y cultivos. Se sistematizó la información analítica (materia seca (%MS), nitrógeno (%N) y fósforo (%P)) de 36 muestras de estiércol proveniente de pilas de almacenamiento o de tratamiento por separador de sólidos con igual metodología en el norte de Buenos Aires (BA) y Centro de Santa Fe (SF). Se recopiló información de suelo, clima, calidad del estiércol, dosis y estrategia de aplicación y de productividad en 13 ensayos, cinco realizados en BA y ocho en SF. Los recursos forrajeros y cultivos fueron: alfalfa, avena, maíz, moha, raigrás anual, pasturas polifíticas, sorgo de pastoreo y para silaje y trigo. Para comparar los resultados se utilizaron dos indicadores de eficiencia de uso del N, el de N total (EUN) y del N disponible para las plantas (EU-NDP), con respecto a la producción del testigo, expresados como kg MS producida·(kgN o kgNDP aplicado)<sup>-1</sup>, respectivamente. El NDP se obtiene de información internacional para estimar la mineralización esperada, *a priori*, durante el año de aplicación. La calidad del estiércol presenta características variables en las zonas estudiadas, coincidentes con estudios internacionales (%MS de 16,3 a 56,0, %N de 2,9 a 19 y %P de 0,1 a 0,8), atribuidas a diferente manejo del agua, tipo de separador y alimentación. Los valores de EUN fueron desde 2,3 hasta 51,8 kg MS·Kg N<sup>-1</sup> y de EU-NDP desde 4 hasta 81,8 kg MS·kgNDP<sup>-1</sup>, según cultivo y ambientes edafo-climáticos. Las variables temperatura y precipitaciones fueron las que más incidieron en las EUN, respecto de condiciones edáficas y del estiércol, tales como su acondicionamiento previo, momento y división de la dosis total aplicada. Es decir, con temperaturas templadas y buena humedad se esperan mejores condiciones de mineralización que favorezcan la eficiencia de uso de estos recursos orgánicos, que requieren de condiciones muy específicas para que sus nutrientes estén disponibles para los cultivos. En distintas zonas de la región pampeana se podría utilizar estiércol vacuno como fuente nitrogenada para favorecer la acumulación de biomasa aérea, a partir de su reuso.

**Palabras clave:** calidad de estiércol, mineralización, condiciones climáticas, estrategias de alimentación, biomasa vegetal.

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de Bases Agrícolas, Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA). Av. Chorroarín 280 (1427) CABA, Argentina. Correo electrónico: aherrero@fvvet.uba.ar

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Rafaela, R.34 km 227 (2300) Rafaela, Santa Fe. Argentina. Correo electrónico: charlon.veronica@inta.gob.ar

## ABSTRACT

*Intensification of animal production systems, and therefore the increase in livestock stocking rate, increases the amount of excreta that can be used as a nutrient source for forages crops. The purpose of this study was to compile and compare a) effluent quality results from different dairy production areas of Argentina and b) results from studies carried out in two different environments, on nitrogen (N) use efficiency of dairy cattle manure used as fertilizer of forage and grain crops. Analytical information of 36 manure samples from stocking piles or solid separator treatments in the different regions (dry matter (%DM), nitrogen (%N), and phosphorus (%P)) was systematized by using the same sampling methods in the North of Buenos Aires (BA) and Center of Santa Fe (SF). Information was compiled regarding soil, weather conditions, manure quality, doses and application strategies, and productivity of 13 studies, five studies carried out in BA and eight in SF. The forages and crops were: alfalfa, oats, corn, Hungarian millet, annual ryegrass, polyphitic pastures, sorghum for both grazing and silage, and wheat. In order to compare results, the N Use Efficiency indicators were used, both for total N (EUN) as for plant available N (EN-NDP), in relation to the control treatment. It was expressed as  $\text{kg DM} \cdot (\text{kg applied N or NDP})^{-1}$ . NDP is obtained with international information to estimate the expected mineralization, a priori, during the year of application. Manure quality presented variable characteristics in both zones (%DM from 16.3 to 56.0, %N from 2.9 to 19, and %P from 0.1 to 0.8). These are in accordance with international studies, and attributed to different water management practices, type of manure, solid separation technique, and diet components. Values for EUN varied from 2.3 to 51.8  $\text{kg DM} \cdot \text{kg N}^{-1}$  and from 4 to 81.8  $\text{kg MS} \cdot \text{kg NDP}^{-1}$ , varying from crop and soil and weather conditions. Temperature and rainfall variables had a greater incidence on EUN, over soil and manure variables, such as prior management, moment and division of the applied total dose. That is to say, with moderate temperatures and adequate moisture, better mineralization conditions are expected which in turn increase EUN of these organic nutrient resources. These sources require very specific conditions for their nutrients to become available for crops. In the different areas of the Pampa Region, cattle manure could be used as a nitrogen source, improving aerial biomass accumulation by its reuse.*

**Keywords:** manure quality, mineralization, weather conditions, feeding strategies, forage biomass.

## INTRODUCCIÓN

La intensificación de la producción ganadera, con aumentos importantes de la carga animal, lleva implícito un incremento en el uso de los recursos (energía, nutrientes y agua) con el correspondiente crecimiento de la producción por hectárea (Upton, 1997). Existen indicadores que permiten cuantificar y determinar las eficiencias en el uso de los nutrientes (Atkinson y Watson, 1996; Rotz, 2004) a escala de predio, unidad en la cual las decisiones son tomadas por el productor, y que resultan fundamentales para evaluar opciones de manejo productivo y mitigación de los impactos de la ganadería en el medioambiente (Rotz *et al.*, 2010).

Tanto los vertidos (descargas de efluentes o aguas residuales) a cuerpos de agua, como la acumulación de excretas en sectores determinados, o la reutilización de sus nutrientes como fertilizantes llevan consigo problemas que se manifiestan en el ámbito mundial. Entre el 60 y el 80% del nitrógeno (N) y fósforo (P) ingeridos por los animales son eliminados por orina y heces, permaneciendo una escasa proporción en los productos animales (Van Horn *et al.*, 1994; Watson y Atkinson, 1999). Cuando los sistemas ganaderos se intensifican, las excretas se concentran en áreas reducidas que resultan focos de contaminación y son consecuencia de flujos de nutrientes dentro y entre predios (Herrero *et al.*, 2006; Charlón *et al.*, 2012). La identificación

de estos flujos resulta fundamental para aplicar estrategias de manejo de la alimentación y de los residuos orgánicos generados, principalmente estiércol (Knowlton *et al.*, 2004; Hoekstra *et al.*, 2007; Burón Alfano *et al.*, 2009). Decidir estrategias de alimentación (tipo de ración, instalaciones y tiempos de suplementación, entre otros) permite reducir transferencias y pérdidas, mejorando los índices de conversión nutricional, y permitirían, por ejemplo, recolectar estiércol para mejorar el reciclado de nutrientes mediante su reuso como abono (Dou *et al.*, 2003; Rotz, 2004; Salazar *et al.*, 2005). Las ventajas del uso racional del estiércol como abono se focalizan en disminuir el ingreso de nutrientes al predio vía fertilizantes y en reducir la contaminación por escurrimientos y lixiviados desde instalaciones, donde se acumulan, a partir de la redistribución de este hacia las áreas para aplicar (Hooda *et al.*, 2000; Carbó *et al.*, 2009).

En Argentina, la producción lechera refleja los procesos de intensificación referidos. En el año 1988 se registraron 30.500 tambos, reduciéndose su número hasta menos de 12.000 en la actualidad (SENASA, 2015). En este proceso, la producción de leche se incrementó de 6.000 a 11.500 millones  $\text{L} \cdot \text{año}^{-1}$  y el stock de vacas disminuyó entre un 10-15%, manteniéndose la tendencia decreciente de la última década a una tasa del orden del 1% anual (Fundación Pel, 2015).

Los residuos que se generan en las instalaciones de ordeño presentan diferentes características. El estiércol, que está constituido principalmente tanto por excretas recolectadas de los pisos de los corrales como de los separadores de sólidos en el tratamiento primario o de animales estabulados, tiene un porcentaje variable de materia seca (15-50%). Presenta un excelente potencial para ser utilizado como abono por contener mayores concentraciones de nutrientes que los purines (efluentes de tambos) que poseen mayor cantidad de agua (Ramiran, 2011).

En diversos países del mundo la estrategia más difundida es su reutilización como fertilizante, como consecuencia de las reglamentaciones locales que impiden su vertido a cuerpos de agua (Menzi, 2002). En general, la dosificación recomendada es sobre nitrógeno disponible, donde para la UE (Unión Europea) se utiliza en general como valor máximo de 170 kg de N por hectárea y por año (Martínez y Burton, 2003).

Por una parte, en un estudio realizado en la Argentina en 329 tambos se determinó que esta práctica de manejo se utiliza desde hace más de 10 años, aunque es poco difundida en diferentes cuencas lecheras (6% de los tambos). Además, su utilización no consideraba el "uso agronómico", sino la necesidad de vaciar las lagunas de almacenamiento que se colmataban con sedimentos (Herrero *et al.*, 2009). Por otra parte, en los últimos años se ha incrementado el interés de cómo utilizar el estiércol y los efluentes como fertilizantes. Sin embargo, se observa que los resultados sobre su impacto en la eficiencia de producción de biomasa vegetal están dispersos en publicaciones o trabajos científicos de difícil acceso para técnicos y productores.

El propósito del trabajo fue recopilar y comparar los resultados obtenidos de a) calidad de estiércol en diferentes zonas de producción lechera de la Argentina y b) ensayos realizados en dos ambientes climáticos diferentes, sobre la eficiencia de utilización del nitrógeno (N) del estiércol de bovinos lecheros como fertilizante de recursos forrajeros y cultivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos regiones lecheras: centro de Santa Fe (SF) y norte de Buenos Aires (BA). La región de SF es una zona de clima templado-húmedo, con temperatura media anual de 19,2 °C y precipitaciones anuales de 944 mm (mayor distribución en el período noviembre-abril) y la de BA presenta temperatura media anual de 16,8 °C y precipitaciones anuales de 1000 mm (con mayor distribución en el período octubre-abril). En ambas regiones predominan suelos con buena fertilidad natural, de alta capacidad productiva, y aptos para una gran variedad de cultivos agrícolas, forrajeros y forestales.

En primer lugar, se recopiló información sobre la calidad del estiércol de predios lecheros de ambas regiones. Las muestras eran provenientes de pilas de almacenamiento y de separadores de sólidos. En todos los casos se había determinado el % de materia seca (MS%) en estufa a 105 °C, el contenido de nitrógeno (%N), analizado mediante la técnica

de nitrógeno Kjeldahl, y de fósforo (%P) según el método colorimétrico con ácido ascórbico y con medición espectrofotométrica (método 4500-P E; APHA, 1999). Los datos se analizaron mediante prueba de Shapiro-Wilks para conocer normalidad y se compararon para ambas regiones mediante la prueba de Mann-Whitney ( $\alpha = 5\%$ ). Para las pruebas de comparaciones múltiples se utilizó el test de Tukey.

En segundo lugar, se sistematizó la información correspondiente a ensayos de forrajeras fertilizadas con estiércol bovino mediante diferentes dosis y estrategias de aplicación, realizados entre los años 2003 y 2012, tanto en Santa Fe (EEA Rafaela, INTA: 31°12' S, 61°30' O) y en campo productor: 31°26'29" S, 60°59'16" O), como en Buenos Aires (Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA: 34°35'29" S, 58°29'00" O) y en campo de productor: 34° 19' 22" S, 59° 05' 30" O) (tabla 1).

Por una parte, para comparar los ensayos fueron considerados: especie vegetal, año del ensayo y condiciones ambientales respecto a registros históricos. Para esto último, se compiló información climática regional de los 10 años previos a cada ensayo, considerando a dicha información como los valores históricos para cada situación. A su vez, se tuvo en consideración: tipo y calidad del estiércol (MS% y N%), estrategia de aplicación (momento de aplicación respecto a la siembra y partición de la dosis aplicada) y dosis de N expresada como kg de N totales aplicados y kg de N disponible para las plantas (NDP)·ha<sup>-1</sup>. Esta última forma de establecer la dosis para aplicar hace referencia a las formas de nitrógeno inorgánico, que incluye nitratos y amonio, que provienen de la mineralización del nitrógeno orgánico, no solo del estiércol aplicado el año del ensayo, sino de aplicaciones de estiércol realizadas en años anteriores (hasta 10 años antes). Las dosis de NDP se calcularon utilizando las fórmulas provistas por la Environmental Protection Agency (1995), que consideran la composición del estiércol para aplicar en el año y los coeficientes de mineralización de los residuos o abonos orgánicos utilizados para ese año y por las aplicaciones previas, así como de la estrategia del abonado (método en superficie, inyectado o incorporado, siendo el tiempo hasta la incorporación una variable para tener en cuenta y el fraccionamiento de la dosis, siendo dosis total o repartida en el tiempo). Estos últimos valores provienen de tablas estandarizadas de ensayos internacionales y resultan importantes en casos de lotes con historial de aplicaciones previas de estiércol, como es el caso de varios de los ensayos recopilados.

Tanto para la eficiencia de uso del N (EUN) correspondiente a la dosis de N total como al EU-NDP para la dosis de NDP, los cálculos se hicieron considerando que estas eficiencias se expresan en Kg MS·kg N<sup>-1</sup> y resultan de aplicar la siguiente ecuación: (kg MS del tratamiento fertilizado - kg MS del testigo)·(kg N o kg NDP aplicado·ha<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup> (Dobermann, 2005). La expresión como NDP facilita su comparación con los resultados obtenidos por fertilizantes inorgánicos comerciales. Sus resultados se presentan en la tabla 3.

En el caso de la pastura polifítica y de las alfalfas puras se consideraron los rendimientos acumulados totales.

Especie vegetal, Zona <sup>2</sup> y Año	Estrategia de aplicación	Dosis N total (kg N·ha <sup>-1</sup> )	Dosis NDP (kg NDP <sup>5</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Referencia
Alfalfa ( <i>Alfalfa sativa</i> ) SF - 2003/05	Control		0	Charlón et al., 2006
	2 días presiembra e incorporada	161	98	
	Dividida (mitad 2 días presiembra y resto al año)	643	392	
	Al año de la siembra	321	196	
Alfalfa ( <i>Alfalfa sativa</i> ) SF - 2007/09	Control		0	Charlón et al., 2009 <sup>a</sup>
	Posemergencia de plantas	222	140	
Avena ( <i>Avena sativa</i> ) SF - 2004	Control		0	Charlón et al., 2007 <sup>a</sup>
	48 días presiembra e incorporada	55	35	
	48 días presiembra e incorporada	110	70	
	2 días presiembra e incorporada	55	35	
Avena ( <i>Avena sativa</i> ) BA - 2008	Control		0	Margheim et al., 2009
	15 días presiembra e incorporada	80	50	
Moha ( <i>Setaria italica</i> ) SF - 2008	Control		0	Charlón et al., 2009 <sup>b</sup>
	15 días presiembra e incorporada	119	75	
Pastura polifítica <sup>1</sup> BA 2008/10	Control		0	Pastorino et al., 2009 Herrero et al., 2010 Herrero et al., 2011
	15 días presiembra e incorporada	158	100	
	15 días presiembra e incorporada	317	200	
Raigrás anual ( <i>Lolium multiflorum</i> ) BA - 2006	Control		0	Herrero et al., 2007
	15 días presiembra e incorporada	164	100	
Raigrás anual ( <i>Lolium multiflorum</i> ) BA - 2007	Control		0	Herrero et al., 2008
	15 días presiembra e incorporada	158	100	
Raigrás anual ( <i>Lolium multiflorum</i> ) SF - 2006	Control		0	Charlón et al., 2011
	15 días presiembra e incorporada	238	150	
Sorgo para silo ( <i>Sorghum sachararum</i> ) SF - 2006	Control		0	Charlón et al., 2007 <sup>b</sup>
	3 días presiembra e incorporada	222	140	
Sorgo para silo ( <i>Sorghum sachararum</i> ) BA - 2012	Control		0	Carbó et al., 2014
	15 días presiembra e incorporada	154	94	
Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> ) SF - 2003	Control		0	Charlón et al., 2004
	48 días presiembra e incorporada	57	35	
Maíz ( <i>Zea mayz</i> ) SF - 2003	Control		0	Charlón et al., 2005.
	137 días presiembra e incorporada	115	70	
	98 días presiembra e incorporada	115	70	
	60 días presiembra e incorporada	115	70	

**Tabla 1.** Ensayos de distintos recursos forrajeros fertilizados con estiércol bovino realizados en Santa Fe (SF) y Buenos Aires (BA) entre los años 2003 y 2012, ordenados según recurso, región, año del ensayo, y estrategia y dosis de aplicación.

<sup>1</sup>Especies que la componen: Cebadilla criolla (*Bromus catharticus* cv. Copetona), Raigrás perenne (*Lolium perenne* cv. Matrix), Raigrás anual (*Lolium multiflorum* cv. Florida), Trébol Rojo (*Trifolium pratense* cv. Tropero), Trébol Blanco (*Trifolium repens* cv. Braidwood) y Trébol de los cuernitos (*Lotus tenuis* cv. Esmeralda)

<sup>2</sup>Región de producción lechera: Santa Fe (SF); Buenos Aires (BA)

<sup>5</sup>NDP: Nitrógeno disponible para las plantas (EPA, 1995).



Por otra parte se compararon los resultados de productividad ( $\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) obtenidos en cada uno de los ensayos evaluados, mostrándose las diferencias significativas existentes ( $p<0,05$ ) en la tabla 3. Las comparaciones se obtuvieron de los resultados estadísticos propios de cada ensayo. Estos corresponden principalmente a análisis de varianza paramétricos o no paramétricos, según el caso, con sus comparaciones de medias correspondientes.

## RESULTADOS

Las características del estiércol en ambas regiones se presentan en la tabla 2. Se observa gran variabilidad en todos los parámetros estudiados. Los valores de % MS se encuentran entre 16 y 56%; estas diferencias están vinculadas al manejo y uso del agua con estos sólidos. Si bien se acotó la comparación a muestras provenientes de pilas de almacenamiento y material proveniente de separadores de sólidos, los lixiviados y la incidencia de agua de lluvia genera dispersión en los valores evaluados. Los valores promedio para %MS resultaron similares a los reportados por Nosetti *et al.* (2002) en corrales de ordeño de cuencas lecheras de Buenos Aires. Respecto a los contenidos de %N y %P se hallaron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre regiones. Los valores de %N y %P resultaron diferentes a estudios previos realizados en Santa Fe. Para el caso del %N los valores medios actuales resultaron algo mayores y para el caso de %P menores, sin embargo el rango resultó similar (Taverna *et al.*, 2004).

El período de ensayos considerado fueron entre los años 2006 y 2012 en BA y entre 2003 y 2010 en SF. Las dosis de NDP corresponden en estos ensayos a un porcentaje del N total aplicado de entre el 60,9 y el 63,3%, según provengan de parcelas abonadas por primera vez o de aquellas con historial previo de aplicación de abonos (por ej. raigrás en Buenos Aires en 2006 y 2007), o la estrategia con la cual fue aplicado (días previos a la siembra o dosis dividida a lo largo del ciclo del cultivo, incorporado inmediatamente o aplicado en superficie).

En tabla 3 se muestran los resultados comparados de 13 ensayos. Según los resultados presentados en los distintos trabajos evaluados, se puede observar una tendencia general a una mayor productividad ( $\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) en los tra-

tamientos con abono respecto de los testigos, siendo estas diferencias significativas en nueve ensayos, para alguna de las dosis o estrategias de aplicación utilizadas. En los restantes, la tendencia fue observada solo numéricamente, sin ser estadísticamente significativa. Excepto en cinco de los ensayos (alfalfa en SF en 2003-2005, raigrás en SF 2006, avena BA en 2008, pastura en BA 2008-10 y sorgo en BA en 2012), se presentaron resultados productivos de aplicaciones equivalentes con fertilizantes comerciales, en su mayoría con urea. En siete de estos ensayos, los tratamientos con abonos no difirieron significativamente de los que se aplicó fertilizantes comerciales. Entre los casos en los que se detectaron diferencias, algunos fueron a favor de los fertilizantes comerciales, en cualesquiera de sus dosis o asociado a la estrategia de aplicación. Un ejemplo de este comportamiento es el sorgo en SF, donde la urea aplicada sola generó mayores rendimientos, sin ocurrir lo mismo con superfosfato o superfosfato en combinación con urea. Otro ejemplo corresponde al raigrás en Buenos Aires (2006), en cuyo ensayo, la dosis repartida de efluente produjo más ( $p<0,05$ ) que la dosis total o repartida de urea. En el caso del ensayo realizado con moha el abonado con estiércol produjo significativamente más que el tratamiento de urea ( $p<0,05$ ).

Las producciones acumuladas de pasturas polifíticas y de alfalfas puras ( $\text{kg MS}$  acumuladas) obtenidas en ensayos, presentados en tabla 3, se asemejan a resultados previos de la misma región por otros autores cuando se combina la aplicación de fertilizantes comerciales con nitrógeno y fósforo. No ocurre lo mismo cuando se compara con ensayos recopilados por García *et al.* (2002) en los que solo se utilizó nitrógeno o fósforo en forma separada, y donde la productividad fue menor que en esta recopilación de ensayos. Esto muestra el valor del estiércol como un abono más integral. Para el caso de las especies anuales, se observan en general valores similares de productividad ( $\text{en kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) respecto de otros estudios, donde la variabilidad estaría dada por las diferentes condiciones ambientales en cada año y zona (García *et al.*, 2002). Se observa que en años de condiciones ambientales desfavorables la productividad con aplicación de fertilizantes comerciales es algo mayor, que a la obtenida cuando se aplica estiércol. Esta situación también se podría vincular a la necesidad de condiciones favorables para la mineralización del estiércol.

Parámetros	Región	
	Centro de Santa Fe (n= 19)	Norte de Buenos Aires (n= 17)
% Materia Seca	28,75 $\pm$ 7,02a (24,24)	31,65 $\pm$ 12,07a (38,15)
% N	1,62 $\pm$ 0,30a (19,35)	3,45 $\pm$ 1,79 b (51,91)
% P	0,25 $\pm$ 0,16a (61,25)	0,13 $\pm$ 0,04 b (33,28)

**Tabla 2.** Parámetros de calidad de estiércol (%MS y %N y %P, expresados en base seca) en 36 muestras provenientes de predios lecheros de dos regiones en la Argentina (expresados como valores medios  $\pm$  desvío estándar, (CV%= coeficiente de variación)).

Letras diferentes en filas indican diferencias significativas entre regiones (Prueba de Mann-Whitney  $\alpha= 0,05$ ).

Recurso forrajero, región y año	Dosis N total <sup>2</sup> (kg N·ha <sup>-1</sup> )	Dosis NDP <sup>3</sup> (kg NDP·ha <sup>-1</sup> )	Productividad acumulada <sup>4</sup> (Kg MS·ha <sup>-1</sup> )	EU N <sup>5</sup>	EU NDP <sup>5</sup>	Condiciones ambientales <sup>5</sup>
Alfalfa SF - 2003/05	0	0	36802±1883 <sup>b</sup>	-	-	2 (33% en 2.º año)
	161	98	39166±576 <sup>ab</sup>	14,7±3,6	24,1±5,9	
	643	392	40988±1706 <sup>a</sup>	6,5±2,6	10,7±4,4	
	321	196	38736±1573 <sup>ab</sup>	6,0±4,9	9,9±8,0	
Alfalfa SF - 2007/09	0	0	14617±480 <sup>ns</sup>	-	-	2 (26% en 2.º año)
	230	140	15360±293 <sup>ns</sup>	3,2±1,3	5,3 ±2,1	
Avena SF - 2004	0	0	1604±382 <sup>b</sup>	-	-	2 (33%)
	57*	35*	1875±114 <sup>ab</sup>	4,8±2,0	7,7±14,2	
	115*	70*	2171±298 <sup>ab</sup>	4,9±2,6	8,1±7,9	
	57*	35*	1897±159 <sup>ab</sup>	5,2±2,8	8,4±15,2	
	115*	70*	2505±143 <sup>a</sup>	7,8±1,2	12,9±6,8	
Avena BA - 2008	0	0	4563±320 <sup>n.s.</sup>	-	-	2 (28%)
	80	50	4808±478 <sup>n.s.</sup>	3,1±6,0	4,9±9,6	
	164	100	5179±721 <sup>n.s.</sup>	3,8±4,4	6,2 ±7,2	
Moha SF - 2008	0	0	5144±388 <sup>a</sup>	-	-	1+
	123	75	6862±845 <sup>b</sup>	14,0±6,9	22,9±11,3	
Pastura polifítica <sup>1</sup> BA - 2008/10	0	0	24433±1740 <sup>a</sup>	-	-	2008: 2 (47%) 2009: 1+ 2010: 1
	158	100	32616±1290 <sup>b</sup>	51,8±8,2	81,8±12,9	
	317	200	32695±1757 <sup>b</sup>	26,1±5,5	41,3±8,8	
Raigrás anual BA - 2006	0	0	3238±498 <sup>a</sup>	-	-	1
	164	100*	6248±1581 <sup>b</sup>	18,4±9,6	32,7±7,9	
	164	100*	7880±957 <sup>b</sup>	28,3±5,8	46,4±4,8	
Raigrás anual BA - 2007	0	0	1995±317 <sup>a</sup>	-	-	2 (11%)
	158*	100*	3331±540 <sup>b</sup>	9,9±3,0	13,36±2,7	
	158*	100*	3564±475 <sup>b</sup>	8,5±3,4	15,69±1,4	
Raigrás anual SF - 2006	0	0	3559±77 <sup>a</sup>	-	-	2 (18%)
	238*	150*	4316±116 <sup>b</sup>	3,2±0,6	5,1±0,5	
	238*	150*	4098±206 <sup>b</sup>	2,3±0,9	3,6±0,8	
Sorgo para silo SF - 2006	0	0	17836±1427 <sup>a</sup>	-	-	1+
	230	140	20707±1176 <sup>b</sup>	12,5±5,1	20,5±5,0	
Sorgo para silo BA - 2012	0	0	15287±266 <sup>a</sup>	-	-	1+
	154	94	16484±443 <sup>a</sup>	7,8± 2,9	12,7±4,7	
	308	188	22320±662 <sup>b</sup>	22,8±2,1	37,3±3,5	
Trigo SF - 2003	0	0	3777±204 <sup>ns</sup>	-	-	1
	57	35	4391±159 <sup>ns</sup>	10,8±6,9	17,6±11,3	
	115	70	4691±265 <sup>ns</sup>	7,9±6,4	13,1±10,5	
Maíz SF - 2003	0	0	18923±258 <sup>ns</sup>	-	-	1
	115*	70*	20501±1623 <sup>ns</sup>	13,7±14,1	22,5±23,6	
	115*	70*	21089±2772 <sup>ns</sup>	18,8±24,1	30,9±37,6	
	115*	70*	20425±1233 <sup>ns</sup>	13,1±10,7	21,5±21,1	

**Tabla 3.** Impacto del uso del estiércol de bovinos lecheros, como abono de forrajes y cultivos, en la productividad y eficiencia de uso N (valores medios ± desvío estándar) según condiciones ambientales del período de ensayo en Santa Fe (SF) y Buenos Aires (BA), presentados según recurso forrajero, región, año y dosis de nitrógeno.

<sup>1</sup>Especies que componen la pastura polifítica: Cebadilla criolla (*Bromus catharticus*), Raigrás perenne (*Lolium perenne*), Raigrás anual (*Lolium multiflorum*), Trébol Rojo (*Trifolium pratense*), Trébol Blanco (*Trifolium repens*) y Trébol de los cuernitos (*Lotus tenuis*).

<sup>2</sup>N total: \*iguales dosis en un mismo ensayo varían en la estrategia de aplicación, para detalles referirse a tabla 1.

<sup>3</sup>NDP: nitrógeno disponible para las plantas (Env. Protect. Ag., 1995), \*iguales dosis en un mismo ensayo varían en la estrategia de aplicación, para detalles referirse a tabla 1.

<sup>4</sup>Letras distintas indican diferencias significativas dentro de cada ensayo ( $\alpha = 0,05$ , ver Metodología).

<sup>5</sup>Eficiencia de uso de N: (kg MS del tratamiento fertilizado - kg MS del testigo) : (kg N aplicado·ha<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup> (Dobermann, 2005), EAU NDP fue calculada mediante una adaptación de la misma fórmula: (kg MS del tratamiento fertilizado - kg MS del testigo) : (kg NDP aplicado·ha<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>.

<sup>6</sup>Condiciones ambientales: 1- Normales de humedad y temperatura (+ indica distribución errática); 2- Adversas con déficit hídrico o temperaturas extremas respecto a registros históricos de 10 años (% respecto a estas).

Las condiciones climáticas, fundamentales para la mineralización del estiércol, fueron variables en los distintos estudios, y esto repercutió en el aporte de nutrientes a la planta y a los valores obtenidos de EUN y EU-NDP. En seis ensayos se presentaron características similares a los registros históricos (temperatura y precipitaciones). Sin embargo, en dos de ellos, la distribución de las precipitaciones a lo largo del ensayo fue errática, lo cual podría haber afectado los resultados de estos. Los ensayos restantes se realizaron bajo condiciones de déficit hídrico, en algún momento del ciclo de crecimiento del cultivo, que en promedio rondó en un 27% del registro histórico, con un máximo de 47% y un mínimo de 11%. Dichos déficits se produjeron tanto durante la etapa de implantación, como durante ciertas etapas del ciclo de crecimiento. El peor año fue el 2007, donde se registraron las temperaturas promedio (durante el invierno) más bajas en 45 años, con una nevada en julio, siendo la primera registrada en 89 años en BA, y además se produjo un déficit hídrico entre mayo y julio. En los ensayos con las condiciones climáticas adversas mencionadas se observaron los menores EUN (tabla 3).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al comparar las características del estiércol con los resultados obtenidos por Menzi (2002) en un extenso relevamiento de 27 países europeos, se observa que los valores que se muestran en este trabajo se encuentran en el rango entre 14 y 43%MS; son similares a los hallados en las regiones estudiadas. Si se comparan los resultados de N con los evaluados por el mismo autor, se observan valores medios de 4,8 %N (de 2 a 7%) más cercanos a los del norte de BA.

A fin de comparar con estudios internacionales se convirtieron los resultados de %P a %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ya que se considera como una de las formas de expresión más difundidas para P. Para este trabajo, los valores fueron para SF de 0,58±0,36 (0,32; 1,90) %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y para BA de 0,28 ± 0,1 (0,15; 0,51) %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para este caso los valores de %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en los 27 países estudiados de Europa (Menzi, 2002) resultaron cinco veces más elevados que ambas regiones en Argentina, probablemente por la menor cantidad de granos y suplementos que aportan menos P a la dieta, y por consecuencia menos excreción, en nuestros sistemas productivos.

Las diferencias encontradas entre ambas regiones en la composición de %N y %P del estiércol, probablemente sean ocasionadas porque las muestras provenían de distintas épocas del año, con diferente composición y manejo de las pasturas y de las raciones (dieta). Respecto de la composición de la dieta se observó en BA que entre el 45-50% de la ración corresponde a pasturas polifíticas templadas (otoño-invierno- primaverales), de alta calidad. El resto se distribuye entre silaje y diversos granos y subproductos frecuentes en la zona (afrechillo de trigo, grano de maíz, subproductos de soja y balanceado) en proporciones similares. En cambio, en SF, si bien las pasturas representan un porcentaje similar o mayor en la dieta, estas son principalmente pasturas monofíticas de alfalfa o polifíticas base alfalfa, verdes y con subproductos y granos (con-

centrados energéticos) como semilla de algodón, expeller de soja, grano de maíz y sorgo. La diferencia en composición de las dietas, tanto en calidad como cantidad del recurso forrajero, como el efecto del tipo de suplementos, fue evaluado por el trabajo de Hoekstra *et al.* (2007), quienes describen que la especie forrajera, su calidad, momento y manejo del pastoreo, así como el tipo de suplemento, afectan la disponibilidad y la capacidad de captación de los nutrientes por el animal e inciden sobre la excreción de estos (Dou *et al.*, 2003).

En la tabla 3 se observa que las EUN son diferentes según condiciones climáticas y localización de los ensayos. A partir de estos datos se puede observar que en condiciones de déficit hídrico, desde la aplicación del estiércol en adelante, se obtuvieron EUN menores a 15 Kg MS·kg N<sup>-1</sup>. Esta situación ocurrió para ambas regiones y para diferentes especies forrajeras anuales o perennes. Al comparar un mismo cultivo ante mejores condiciones de temperatura ambiental y humedad (lluvias), las EUN pueden superar ampliamente el valor antes citado para situaciones adversas (por ejemplo raigrás en BA 2006 y en SF 2006). Estos resultados muestran indirectamente la relación entre las condiciones ambientales y la mineralización del abono, mejorando los EUN y EU-NDP. Estos resultados están en concordancia con los hallazgos de otros autores (Eghball *et al.*, 2002) quienes encontraron que la mineralización fue mayor en condiciones de capacidad de campo y menor en suelos secos. Las diferencias en la EUN y EU-NDP ante condiciones adversas durante el período de ensayo resultaron mayores en el caso de forrajeras anuales que en las perennes. Esto puede deberse a que la situación puede revertirse a lo largo del ciclo de crecimiento de los recursos perennes. Esta reversión no es posible en forrajeras anuales, ya que debido a su corto período de aprovechamiento, la presentación tardía de condiciones ideales para la mineralización no llegaría a compensar la disponibilidad de nutrientes en periodos iniciales de crecimiento del cultivo.

En los ensayos donde se evaluaron varias dosis y donde las mayores duplicaban a las menores dosis, se observa que las EUN de las más elevadas eran levemente mayores o hasta incluso menores. Esta situación discutida por los diferentes autores, mostraría que no se justificaría la utilización de dosis de N que excedan las necesidades de cada cultivo para rendimientos medios esperados acorde a la situación del suelo. También se puede observar que existe mayor eficiencia (EUN) para la zona más templada (BA) respecto del centro del país (SF). Entre los valores promedio calculados de EUN para los ensayos de BA fueron 12,8 kg MS·kg N<sup>-1</sup> (20,7 kg MS·kg NDP<sup>-1</sup>) para los forrajes anuales de invierno; 15,3 kg MS·kg N<sup>-1</sup> (25,1 kg MS·kg NDP<sup>-1</sup>) para los forrajes anuales de verano y 38,9 kg MS·kg N<sup>-1</sup> (61,6 kg MS·kg NDP<sup>-1</sup>) para pastura. Para SF los valores promedio calculados fueron 5,9 kg MS·kg N<sup>-1</sup> (9,5 kg MS·kg NDP<sup>-1</sup>) para los forrajes anuales de invierno; 14,8 kg MS·kg N<sup>-1</sup> (24,2 kg MS·kg NDP<sup>-1</sup>) para los forrajes anuales de verano y 7,6 kg MS·kg N<sup>-1</sup> (12,5 kg MS·kg NDP<sup>-1</sup>) para las alfalfas. Otros estudios, provenientes de distintas latitudes y situaciones, reportaron valores simila-

res de EUN para pasturas (14-22 kg MS por año·kg N<sup>-1</sup>); para raigrás anual (25-48 kg MS·kg N<sup>-1</sup>) y para maíz (6-42 kg MS·kg N<sup>-1</sup>), adjudicando la variabilidad a la calidad del estiércol y a la estrategia de aplicación del estiércol (momento y forma de aplicación) y época del año (Herrero *et al.*, 2009, Salazar *et al.*, 2009). Al comparar estas EU-NDP con los valores obtenidos por el uso de fertilizantes comerciales, las EU-NDP promedio de los abonos son menores, especialmente al incluir los datos provenientes de años con condiciones ambientales adversas. Sin embargo, al contemplar los años ambientalmente favorables, las EU-NDP son similares o superiores a las obtenidas con los fertilizantes comerciales (García *et al.*, 2002).

En síntesis, de acuerdo a la calidad del estiércol disponible en la región pampeana, este recurso podría ser utilizado, mediante diferentes estrategias de aplicación, para el abonado de especies forrajeras anuales o perennes. Los resultados observados, respecto a la acumulación de biomasa, son variables dependiendo de la zona, del tipo de cultivo, de las estrategias de aplicación y de las condiciones ambientales que favorezcan la mineralización de sus componentes.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Buenos Aires por el apoyo financiero para la realización de los diferentes proyectos (2016-2004) que involucraron la realización de los ensayos (Proyectos 498BA; W367; V015 y V050). Al INTA por el apoyo a la I+D y el aporte financiero a través de los Proyectos PNLEC 071041 (2009-2012) y PNLEC1104 (2006-2009). A profesionales, a técnicos y a estudiantes de grado que colaboraron con dichos ensayos y a los productores que permitieron su realización.

## BIBLIOGRAFÍA

- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) and the WEF (Water Environment Federation). 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20<sup>th</sup> Ed. Washington DC. EUA.
- ATKINSON, D.; WATSON, C.A. 1996. The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. *Animal Science* 63, 353-361.
- BURÓN ALFANO, V.; QUESTA, G.; HERRERO, M.A.; ORLANDO, A.A.; FLORES, M.; CHARLÓN, V. 2009. Potencial de reutilización de los residuos provenientes de tambos comerciales para la fertilización de recursos forrajeros. *Revista InVet* 11 (2), 85-92.
- CARBÓ, L.I.; HERRERO, M.A.; SARDI, G.M.I.; FLORES, M.C.; VOLPE, S.; GUTIERREZ, G. 2009. Evaluación de raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) fertilizado con purines y urea. *SIGERA* (Simposio Internacional sobre gestión de los residuos animales) Brasil, 446-451. Disponible: <http://sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/037.pdf> verificado 22 de diciembre de 2015.
- CARBÓ, L.I.; URQUIZA, M.E.; ORLANDO, A.A.; HERRERO, M.A.; TORGANO, M.; BONTÁ, M.A. 2014. Producción de sorgo para silaje en respuesta a fertilización con estiércol bovino de tambó. *Revista Argentina de Producción Animal* 34 (S1), 99.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2004. Efecto de la utilización de los residuos orgánicos en un verdeo de invierno. *Revista Argentina de Producción Animal* 24 (S1), 324-326.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2005. Efecto del momento de aplicación y de fuentes de nitrógeno en un cultivo de maíz. *Revista Argentina de Producción Animal* 25 (S1), 319-320.
- CHARLÓN, V.; CUATRÍN, A.; VIVAS, H.; TAVERNA, M. 2006. Utilización de residuos orgánicos en la producción acumulada y la calidad de una pastura de alfalfa pura. *Revista Argentina de Producción Animal* 26 (S1), 172-173.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2007a. Utilización de residuos orgánicos en el rendimiento y la calidad de un cultivo de avena. *Revista Argentina de Producción Animal* 27 (S1), 214-215.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; TAVERNA, M. 2007b. Utilización de residuos del tambó en un cultivo de sorgo forrajero para silaje. *Revista Argentina de Producción Animal* 27 (S1), 216-217.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2009a. Efecto de la utilización de residuos orgánicos en la producción de un pastura de alfalfa. *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (S1), 355-356.
- CHARLÓN, V.; ROMERO, L.; CUATRÍN, A.; TAVERNA, M. 2009b. Utilización de residuos orgánicos en un cultivo de Moha de Hungría (*Setaria italica*). *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (S1), 356-357.
- CHARLÓN, V.; HERRERO, M.A.; CUATRÍN, A.L.; CARBÓ, L.I.; ROMERO, L. 2011. Dosis y momentos de aplicación de estiércol bovino en dos ambientes sobre cultivo de raigrás. *Revista Argentina de Producción Animal* 31 (S1), 559.
- CHARLÓN, V.; HERRERO, M.A.; CUATRÍN, A. 2012. Contaminación del agua subterránea por nitratos en sitios intensificados de predios lecheros. *Revista Argentina de Producción Animal* 32 (S1), 59.
- DOBERMANN, A.R. 2005. Nitrogen Use Efficiency. State of the Art. *Agronomy & Horticulture -Faculty Publications*. Paper 316. Disponible: <http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/316> verificado el 22 de diciembre de 2015.
- DOU, Z.; FERGUSON, J.; FIORINI, J.; TOTH, J.; ALEXANDER, S.; CHASE, L.; RYAN, C.; KNOWLTON, F.; KOHN, R.; PETERSON, A.; SIMS, J.; WU, Z. 2003. Phosphorus feeding levels and critical control points on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 86, 3787-3795.
- EGHBALL, B.; WIENHOLD B.J.; GILLEY J.E.; EIGENBERG R.A. 2002. Mineralization of manure nutrients. *Journal of Soil and Water Conservation* 57 (6), 470-473.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1995. Process design manual: land application of sewage sludge and domestic septage. U.S. EPA, Office of Research and Development, Washington, DC. p. 290.
- FUNDACIÓN PEL. 2015. Anuario de la lechería argentina 2014. Ed. Infocampo SA. 43 p.
- GARCÍA, F.; MICUCCI, F.; RUBIO, G.; RUFFO, M.; DAVEREDE, I. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. *Boletín Técnico del Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) Cono Sur, Potash and Phosphate Institute (PPI) and Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC)*, p. 61.
- HERRERO, M.A.; GIL, S.B.; SARDI, G.M.; FLORES, M.C.; CARBÓ, L.I.; ORLANDO, A.A. 2006. Transferencia de nutrientes del área de pastoreo a la de ordeño en tambos semiextensivos en Buenos Aires, Argentina. *Revista InVet* 8, 23-30.
- HERRERO, M.A.; SARDI, G.M.I.; ORMAZABAL, J.J.; CARBÓ, L.I.; VOLPE, S.; FLORES, M.; CARIOLA, A.; GAMBÍN, V. 2007.



Respuesta del raigrás anual a diferentes fuentes nitrogenadas y momentos de aplicación. *Revista Argentina de Producción Animal* 27 (S1), 354-355.

HERRERO, M.A.; CARBÓ, L.I.; SARDI, G.M.; GUTIERREZ, G.; URQUIZA, M.; VOLPE, S.M.; FLORES, M.C.; ORMAZABAL, J.J.; CARIOLA, A.; CARCAGNO L.; MALHEIM, F. 2008. Efecto de fuentes nitrogenadas y momentos de aplicación sobre la productividad bial de raigrás anual. *Revista Argentina de Producción Animal* 28 (S1), 354-355.

HERRERO, M.A.; KOROL S.E.; CHARLON, V.; SALAZAR, F.; LA MANNA, A. 2009. Uso del agua, manejo de efluentes e impacto ambiental en el tambo. Informe internacional presentado en las III Jornadas Internacionales para la calidad de leche (JICAL III), Buenos Aires, Argentina. 26-28 de marzo. Memorias de las Jornadas APROCAL, 27-57.

HERRERO, M.A.; CARBÓ, L.I.; SARDI, G.M.I.; ALBANO, Y.; GENTILE, F.; MARGHEIM, F.; GUTIERREZ, G.; CARIOLA, A.; VOLPE, S.M.; FLORES, M.C. 2010. Acumulación de materia seca y extracción de nutrientes en pastura con historial de fertilización con estiércol. *Revista Argentina de Producción Animal* 30 (S1), 215-216.

HERRERO, M.A.; SARDI, G.; CARBÓ, L.; CARIOLA, A.; GUTIERREZ, G.; URQUIZA, M.; GALOTTA, L.; PASTORINO, F.; VOLPE, S.; FLORES, M. 2011. Fertilización con estiércol bovino en pasturas: producción de forraje y nutrientes extraídos. *Revista Argentina de Producción Animal*. 31 (S1), 445.

HOEKSTRA, N.J.; SCHULTE, R.P.O.; STRUIK, P.C.; LANTINGA, E.A. 2007. Pathways to improving the N efficiency of grazing bovines. *European Journal of Agronomy* 26, 363-374.

HOODA, P.S.; EDWARDS A.C.; ANDERSON, H.A.; MILLER, A. 2000. A review of water quality concerns in livestock farming areas. *The Science of the Total Environment* 250, 143-167.

KNOWLTON, K.F.; RADCLIFFE, J.S.; NOVAK, C.L.; EMMERSON, D.A. 2004. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. *Journal of Animal Science* 82, E173-E195.

MARGHEIM, F.B.; SARDI, G.M.; VOLPE, S.M.; CARBÓ, L.I.; GUTIERREZ, G.M.; HERRERO, M.A.; URQUIZA, M.; CARIOLA, A.; FLORES, M.C.; CALCAGNO, L. 2009. Acumulación de forraje y contenido de nitrógeno y fósforo en avena fertilizada con estiércol. *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (S1), 402-403.

MARTINEZ, J.; BURTON, C. 2003. Manure management and treatment: an overview of the European situation. *International Conference of Animal Hygiene*; México. 12. Disponible: <http://www.isah-soc.org/documents/mainspeakers/15%20MartinezFrance.doc> verificado 22 de diciembre de 2015.

MENZI, H. 2002. Manure Management in Europe, results of a recent survey. In proceedings of the 10<sup>th</sup> Ramiran International Conference of the FAO/SCORENA Network on the recycling of Agricultural Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN). Strbske Pleso, Slovak Republic, 14-18 mayo, 93-102. Disponible: <http://www.ramiran.net/DOC/B2.pdf> verificado 22 de diciembre de 2015.

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* 4 (1):45-54.

PASTORINO, F.; SARDI, G.M.I.; GUTIERREZ, G.; VOLPE, S.M.; CARBÓ, L.I.; HERRERO, M.A.; FLORES, M.C.; ORMAZABAL, J.J.; GALOTTA, L.; ALBANO, Y. 2009. Pastura en implantación fertilizada con estiércol: acumulación de forraje y contenido de nitrógeno. *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (S1), 401-402.

RAMIRAN, NETWORK ON THE RECYCLING OF AGRICULTURAL MUNICIPAL AND INDUSTRIAL RESIDUES IN AGRICULTURE. 2011. Glossary of terms on livestock manure management. 2<sup>nd</sup> PAIN, B.; Menzi, H. (Eds.). Disponible: [http://www.ramiran.net/doc11/RAMIRAN%20Glossary\\_2011.pdf](http://www.ramiran.net/doc11/RAMIRAN%20Glossary_2011.pdf) verificado 20 de diciembre de 2015.

ROTZ, C.A. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science* 82 (E. Suppl), E119-137.

ROTZ, C.A.; MONTES, F.M.; CHIANESE, D.S. 2010. The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *Journal of Dairy Science* 93 (3), 1266-1282.

SALAZAR, F.J.; CHADWICK, D.; PAIN, B.F.; HATCH, D.; OWEN, E. 2005. Nitrogen budgets for three cropping systems fertilised with cattle manure. *Bioresource Technology* 96, 235-245.

SALAZAR, F.; HERRERO, M.A.; CHARLÓN, V. 2009. Consideraciones para el uso de efluentes ganaderos en praderas y cultivos. Simposio Uso del agua, manejo de efluentes e impacto ambiental. Informe internacional presentado en las III Jornadas Internacionales para la calidad de leche (JICAL III), Buenos Aires, Argentina. 26-28 de marzo. Memorias de las Jornadas APROCAL.

SENASA. 2015. Sistema de Gestión Sanitaria (SGS) y el Sistema Integrado de Gestión de Sanidad Animal (SIGSA). Disponible: [http://www.senasa.gov.ar/prensa/DNSA/Control\\_Gestion\\_y\\_Programas\\_Especiales/Indicadores\\_ganaderos/7\\_Indicadores\\_Ganaderia\\_Bovina\\_%20de\\_Tambo/Tambos.html](http://www.senasa.gov.ar/prensa/DNSA/Control_Gestion_y_Programas_Especiales/Indicadores_ganaderos/7_Indicadores_Ganaderia_Bovina_%20de_Tambo/Tambos.html) verificado 15 de marzo de 2016.

TAVERNA, M.; CHARLÓN, V.; PANIGATTI, C.; CASTILLO, A.; SERRANO, P.; GIORDANO, J. 2004. Manual sobre el manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Una contribución al logro de ambientes locales sanos. 1.º Ed. INTA, p. 75.

UPTON, M. 1997. Intensification or extensification: which has the lowest environmental burden? *World Animal Review* 88, 21-29.

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, 2008-2030.

WATSON, C.A.; ATKINSON, D. 1999. Using nitrogen budgets to indicate nitrogen use efficiency and losses from whole farm systems: a comparison of three methodological approaches. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 53, 259-267.