

IMPACTO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS PRODUCTIVAS SOBRE INDICADORES AMBIENTALES EN SISTEMAS LECHEROS DE LA ARGENTINA



INTRODUCCIÓN

A partir de principios de la década del '90, la lechería bovina argentina incrementó su producción de una manera destacada, como consecuencia de una mayor eficiencia productiva acompañada por un sostenido proceso de intensificación. Dicho proceso fue llevado a cabo notoriamente a través de un mayor uso de insumos, siendo cuestionado el impacto ambiental del mismo.

La intensificación de los sistemas agropecuarios incrementa los flujos de energía y nutrientes y los expone a procesos de contaminación (Viglizzo y Roberto, 1997). A medida que la actividad pecuaria se intensifica, hasta llegar a sistemas donde los animales permanecen mayor cantidad de horas encerrados, los residuos animales pueden producir grandes impactos en el ambiente (Herrero y otros, 2006b; Tieri y otros, 2014). En países desarrollados, se ha demostrado que existe una fuerte relación causa-efecto entre la actividad ganadera y la contaminación difusa de los cursos de agua superficiales, en especial de su eutrofización por altas concentraciones de nitrógeno (N) y fósforo (P) (Alfaro y Salazar, 2005). Esta intensificación está acompañada generalmente por un mayor uso de alimentos, por competencia con la agricultura por el recurso tierra y de alternativas de manejo de los sistemas de alimentación (Charlon, 2009).

Tieri, M.P.*; Charlon, V.; Comerón, E.

INTA EEA Rafaela. Rafaela, Santa Fe, Argentina

*tieri.maria@inta.gob.ar

El manejo de nutrientes a nivel de sistema productivo es un área de reciente interés para la investigación y de creciente preocupación por parte de la sociedad y de los organismos reguladores de cuestiones ambientales, como una forma de disminuir la contaminación por N y P en los sistemas ganaderos de carne y leche. Una herramienta que se utiliza como indicador de manejo de nutrientes (indicadores de sostenibilidad) es el balance de nutrientes, que sirve para cuantificar (presupuestar) la entrada y salida de nutrientes de los sistemas productivos, favoreciendo su manejo apropiado en aspectos asociados a su eficiencia de utilización y el impacto potencial sobre el medio ambiente. Además, son buenos indicadores del impacto de la producción ganadera en el flujo de nutrientes, tanto a nivel predial como de cuenca hidrográfica, pudiendo relacionarse con el potencial de contaminación para un área determinada (Jarvis, 1993; Gerber y otros, 2002, citados por Salazar y otros, 2008).

Por otro lado, el consumo de energía fósil por parte de los sistemas agropecuarios contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Lewandowski, 2005; Denoia y otros, 2008). Por lo tanto, su uso ineficiente puede resultar en graves impactos ambientales. Es por ello que recientemente la Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) propuso a la energía como uno de los dos temas centrales para la humanidad en el próximo milenio, enfatizando que no es posible pensar en términos de desarrollo sustentable sin incluir el uso racional de la misma (Montico y otros, 2007). Para lograr un mejor uso de la energía, es necesario conocer su uso en las diferentes etapas de los sistemas de producción. El consumo y la eficiencia de uso de energía fósil expresan procesos de intensificación de los sistemas productivos y muestran su riesgo ecológico potencial.



Los indicadores mencionados constituyen una herramienta importante para determinar la eficiencia de los distintos sistemas productivos y su efecto en el ambiente. El objetivo de este trabajo fue analizar cómo ciertas estrategias productivas impactan sobre los indicadores ambientales seleccionados en los sistemas de producción de leche de la Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información utilizada en el trabajo se obtuvo mediante encuestas realizadas a 95 sistemas lecheros de diferentes cuencas lecheras del país (Tabla 1) para el ciclo 2012-2013 (45% Santa Fe, 35% Córdoba y 20% Buenos Aires). A partir de la propuesta de Centeno y otros (2015) se clasificó la muestra en base a la carga animal (Ca): baja <math>< 1,3 \text{ cab/haVT}</math>; alta $\geq 1,3 \text{ cab/haVT}</math> y al uso de alimento concentrado diario por vaca ordeño (Co): bajo <math>< 6 \text{ kg MS}</math>; alto $\geq 6 \text{ kg MS}</math>. Los sistemas fueron clasificados como: baja carga y bajo concentrado$$

(BCaBCo); baja carga y alto concentrado (BCaACo); alta carga y bajo concentrado (ACaBCo) y alta carga y alto concentrado (ACaACo).

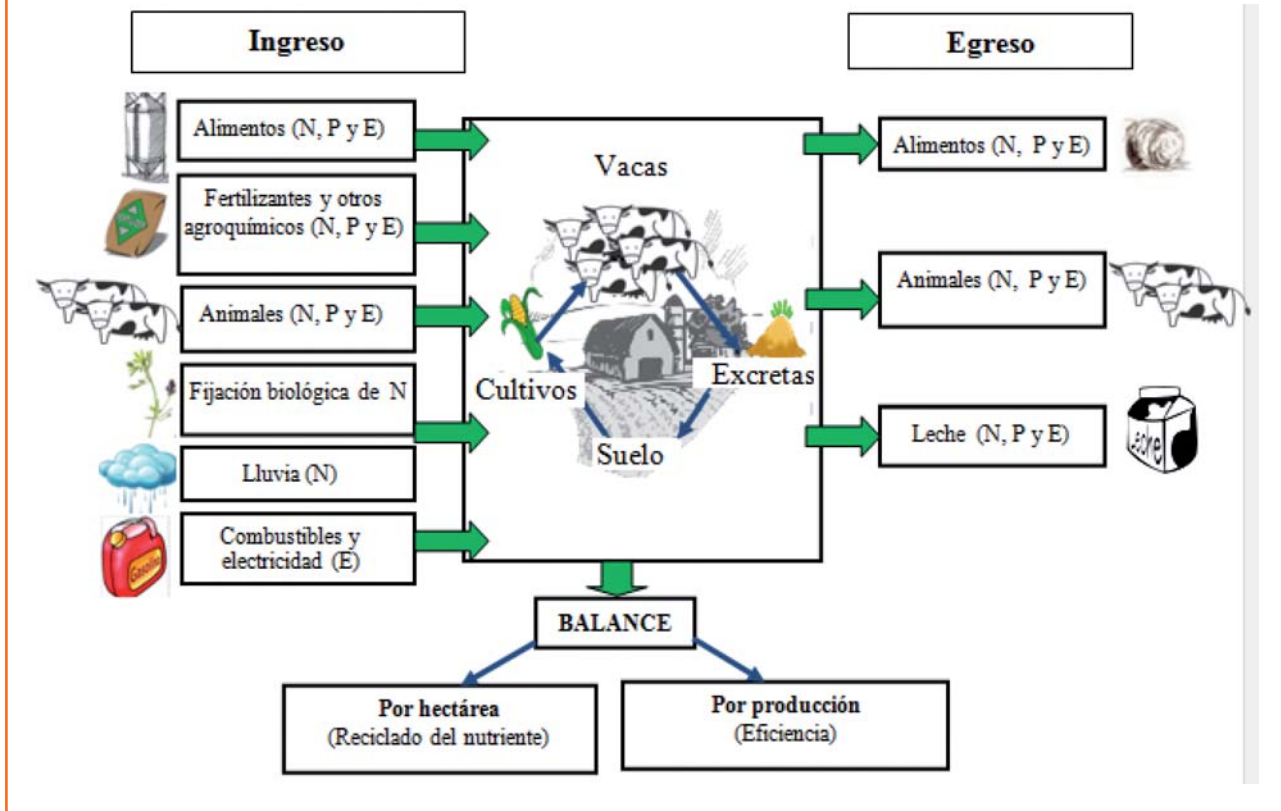
Los indicadores ambientales evaluados fueron: balance de nitrógeno (BN), balance de fósforo (BP), eficiencia en el uso de N (EUN), eficiencia en el uso de fósforo (EUP), costo energético (Costo E) por litro de leche (mJ/litro leche) y eficiencia en el uso de la energía fósil (EE) (Tieri y otros, 2014). Para evaluar la asociación entre los indicadores productivos y los ambientales de los sistemas en estudio, se realizó un análisis de correlación de Spearman. Los ingresos y egresos de N y de P y el excedente de cada nutriente expresado por unidad funcional (Figura 1), fueron calculados para cada sistema según la metodología propuesta por Koelsch y Lesoing (1999). Para todos los nutrientes, los ingresos al predio se estiman a partir de las cantidades de fertilizantes, concentrados, forrajes, animales y deposición atmosférica. Cuando se trata de nitrógeno se toma

TABLA 1- Caracterización de los sistemas evaluados según la carga y cantidad de concentrado en la dieta

Indicadores	Promedio general	BCaBCo	BCaACo	ACaBCo	ACaACo
SuperficieVT (ha)	141 ± 84	135 ± 85	176±74	95 ± 36	164 ± 102
N° VO	145 ±96	97 ±73	151 ± 65	128 ± 50	225 ± 124
Carga animal (VT/haVT)	1,31 ±0,5	0,9 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,7 ± 0,3	1,7 ±0,4
kg Concentrado (kg/VO/d)	5,8 ±2,4	3,8 ± 1,7	7,8 ± 1,2	4,5 ± 1,0	8,1 ±1,7
% Concentrado dieta	30 ± 11	21 ± 8,1	39 ± 4,9	25 ± 5,7	40 ± 8,1
% Pastura dieta	40 ± 18	53 ± 17	28 ± 12	43 ± 13	27 ± 14
Productividad (litros/haVT/año)	7457 ± 3548	4659 ± 1734	6632 ± 1528	8765 ± 3502	11015 ± 3129

VT: vaca total (vaca seca + vaca ordeño), VO: vaca ordeño; BCaBCo: baja carga y bajo concentrado, BCaACo: baja carga y alto concentrado, ACaBCo: alta carga y bajo concentrado, ACaACo: alta carga y alto concentrado

FIGURA 1- Ingresos y egresos de un sistema lechero para la evaluación de los balances de Nitrógeno y fósforo y el cálculo del consumo energético (adaptado de Ketterings y otros, 2016).



como un ingreso de nitrógeno al N₂ fijado por las leguminosas (FBN), el cual se estima como el 60% del contenido de nitrógeno en la MS producida por la especie (Carbo, 2011). Además, se tuvo en cuenta como ingreso al N depositado por las precipitaciones, el cual representa 0,01225 kg de N por cada mm de lluvia caída (Hein *et al*, 1981). Los nutrientes son removidos del sistema como animales y productos vendidos (carne, leche, granos, forrajes). Finalmente se evaluó qué proporción del nutriente total ingresado al predio salió del mismo en los productos leche y carne mediante el cálculo de las eficiencias en el uso de los nutrientes [(egreso NP/ingreso N-P) x 100] (Herrero *et al.*, 2006a).

En el caso de la energía (E), se contabiliza el total de la energía importada, diferenciando energía directa e indirecta. La energía directa es aquella consumida en las labores vinculadas a las actividades productivas, incluyendo combustibles (gasol, nafta, gas licuado), lubricantes y electricidad (Denoia y otros, 2008). La energía indirecta ingresada incluye a la energía involucrada en el proceso de producción de los fertilizantes, semillas, herbicidas, insecticidas, alimentos balanceados y las labores realizadas para la producción de los alimentos importados al sistema. Para obtener el ingreso de energía, se multiplica la cantidad de cada insumo por su correspondiente contenido energético.

Para determinar la salida de energía se considera la producción anual por hectárea de cada sistema y se multiplica por el contenido energético del mismo. Para evaluar el uso de la energía se emplea la eficiencia energética (EE), indicador derivado de la relación entre los egresos e ingresos de energía al sistema y la productividad energética, la cual representa la cantidad de litros de leche producidos cada 100 MJ (Tierl y otros, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los balances de nitrógeno fueron positivos, encontrándose entre 105 a 186 kg N/haVT. La EUN en los sistemas fue del 22 al 27% (Tabla 2). El sistema BCaBCo presentó los menores excedentes de N, sin embargo obtuvo la más baja EUN dada por su menor productividad y carga. Los sistemas ACaBCo y ACaCo presentaron un mejor aprovechamiento de N. Sin embargo, los sistemas con ACaCo tienen mayores excedentes de N, pudiendo representar un mayor riesgo de contaminación. Para el BN se observó una correlación principalmente con la productividad de los sistemas ($r_s=0,59$) y con el % de pasturas en la dieta ($r_s = -0,54$). Es por ello que el aumento de la carga como estrategia productiva tuvo mayor impacto en el aumento de los BN (37,5%) con respecto al aumento de concentrados (28,8%). Con respecto a la EUN, la misma mostró una mayor asocia-

TABLA 2 - Indicadores ambientales asociados a las cuatro estrategias productivas definidas

Indicadores	Promedio general	BcaBco	BcaAco	AcaBco	AcaAco
BN (kg/haVT)	138 ±58	105 ± 44	134 ± 48	143 ± 45	186 ± 61
EUN (%)	24 ±7,5	22 ± 7,9	24 ± 7,5	27 ± 6,9	26 ±6,2
BP (kg/haVT)	7,9 ± 9,5	3,4 ± 5,2	11 ± 9,8	2,5 ± 5,0	16 ± 11
EUP (%)	53 ±21	60 ± 21	46 ± 22	65 ± 17	45 ±16
Costo E (MJ/litro leche)	6,3 ±2,3	5,6 ± 2,2	7,3 ± 2,1	5,5 ± 1,7	7,1 ± 2,7
EE (%)	55 ± 27	0,6 ± 0,3	0,5 ± 0,2	0,6 ± 0,2	0,5 ± 0,3

VT: vaca total, VO: vaca ordeño; BN: balance de nitrógeno, EUN: eficiencia del uso del nitrógeno, BP: balance de fósforo, EUP: eficiencia de uso de fósforo, Costo E: costo energético, EE: eficiencia de uso de la energía fósil.

ción con el BN ($rs=-0,44$) y en menor medida con la productividad ($rs= 0,37$), siendo las estrategias con alta carga animal (ACa) las más eficientes en el uso del nutriente.

Para el caso del P, los balances se encontraron entre 2,5 a 16 kgP/haVT, siendo los sistemas BCaCo y ACaCo aquellos con mayores excedentes de P. Ello se debe a que se observó una alta correlación entre los BP y el porcentaje de concentrado en la dieta ($rs=0,74$). En consiguiente, los BP fueron mayores en aquellos tambos con mayor cantidad de concentrado, principal fuente de P, independientemente del aumento de la carga.

Cabe aclarar que BCaCo y ACaCo tuvieron una cantidad importante de casos con balances negativos, indicando que estos sistemas están realizando una extracción del P existente. La EUP se encuentra inversamente correlacionada con el BP ($rs = -0,91$) y con el porcentaje de concentrado en la dieta ($rs = -0,62$). Por lo tanto, aquellos sistemas con bajo concentrado fueron los más eficientes.

Con respecto al costo energético (mJ/litro leche) y la eficiencia en el uso de la energía fósil, los mismos estuvieron fuertemente correlacionados con el porcentaje de concentrados en la dieta ($rs=0,55$ y $-0,55$,



CALIDAD Y TECNOLOGÍA ARGENTINA PARA LA INDUSTRIA DE PROCESO

LINEAS Y EQUIPOS DE PROCESO

● **Atomizador centrífugo para cámara spray**



● **CENTRIMIX**



● **MSL**



● **Equipo para elaboración continua de dulce de leche, pulpas y mermeladas de frutas**



● **Homogeneizador de pistones**



● **TURMIX**



EQUIPOS DE MEZCLADO

BOMBAS Inox. Sanitarias

● **Bomba de Lóbulos**



● **Bomba Paletas Flexibles**



● **Bomba Centrifuga**



● **Bomba Tornillo-Estator**



- Homogeneizador de pistones alta presión
- Atomizador Centrífugo para cámara de secado spray
- Equipo elaborador continuo de dulce de leche, pulpas y mermeladas de frutas
- Planta elaboradora de mezclas para helados
- Lavadora de recipientes, bandejas y moldes
- Mezclador Sólido-Líquido inoxidable sanitario
- Bombas inoxidables sanitarias
- Filtros y Módulos de Filtrado inox. sanitarios
- Accesorios inox. sanitarios

SIMES S.A.
Santa Fe - Argentina

www.simes-sa.com.ar
Tel.: 54 - 342 - 4891080

e-mail: ventas@simes-sa.com.ar
info@simes-sa.com.ar

respectivamente), por lo tanto los sistemas con alta cantidad de concentrado (ACo) tuvieron un mayor costo de energía fósil por litro de leche debido a una menor eficiencia en el uso de la misma. Por consiguiente, la mayor producción de leche conduce a una reducción de la intensidad de energía por litro de leche producido. Sin embargo, dicho efecto se reduce con el aumento del rendimiento de la leche, debido a los mayores niveles de concentrado en la dieta. Por lo tanto, el aumento en la producción de leche se acompaña principalmente por el aumento de las tasas de sustitución, que causan un aumento de la intensidad de la energía por litro de leche producido.

CONCLUSIÓN

En las condiciones en las que se desarrolló este trabajo se constata el efecto del nivel de concentrado sobre la eficiencia de uso del nitrógeno, del fósforo y de la energía, mientras que la carga animal tiene efectos sólo sobre el primero. Estos resultados permiten diseñar y proponer estrategias de manejo de los sistemas que permitirían reducir los excedentes de nutrientes y mejorar la eficiencia en el uso de los mismos, al igual que la energía. La eficiencia en el uso del nitrógeno podría mejorarse mediante un manejo eficiente de las pasturas, permitiendo un aumento de la carga animal. En el caso del fósforo, una mayor conversión de los alimentos concentrados en leche impactaría en la mejora de la eficiencia en el uso del mismo, al igual que para la energía.

Los indicadores evaluados en el trabajo son parte de un amplio sistema de evaluación del impacto ambiental de la producción agropecuaria. Por ello, es recomendable trabajar con un punto de vista holístico al momento de realizar recomendaciones en prácticas de manejo sustentable de los sistemas, relacionado por un lado a los impactos ambientales, y por el otro teniendo en cuenta los aspectos sociales y el bienestar de los animales.

AGRADECIMIENTOS

A los responsables de las encuestas: Laura Gastaldi, Gabriela Litwin; Patricia Engler, Marina Maekawa y Alejandro Centeno, a los encuestados y a INTA por la financiación (Proyecto PNPA1126043).

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, M., Salazar, F. 2005. Ganadería y contaminación difusa, implicancias para el sur de Chile. *Agricultura Técnica* 65 (3): 330-340.
- Carbó, L.I., 2011. Balances de nutrientes como herramienta para estimar el potencial para el reciclado de los efluentes de tambo en recursos forrajeros. Tesis de la Especialidad en Manejo de Sistemas Pastoriles Facultad de Agronomía – UBA.
- Viglizzo, E.F y Roberto Z.E., 1997. El componente ambiental en la intensificación ganadera. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17(3): 271-292.
- Centeno, A., Gastaldi, L., Suero, M., Litwin, G., Maekawa, M., Engler, P., Cuatrin, A., Comeron, E. 2015. Análisis de estrategias productivas en los tambos argentinos: efecto de la carga animal y el uso de concentrados sobre el resultado de la empresa. *INTA Lechero*, N° 4.
- Charlon, V. 2009. Proyecto INTA N°071040 (2009-2012). Estudio de aspectos operativos y ambientales en sistemas lecheros intensificados.
- Denoia, J., Bonel, B., Montico, S., Di Leo, N., 2008. Análisis de la gestión energética en sistemas de producción ganaderos. *Revista FAVE – Ciencias Agrarias UNR.* 7(1-2).43-56.
- Herrero, M.A., Gil, S.B., Flores, M.C., Sardi, G.M., Orlando, A.A., 2006a. Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en Argentina. *RevistaInVet*, 8(1): 9-21.
- Herrero, M.A., Gil, S.B., Sardi, G.M., Flores, M.C., Carbó, L.I., Orlando, A.A., 2006b. Transferencia de nutrientes del área de pastoreo a la de ordeño en tambos semiextensivos en Buenos Aires, Argentina. *RevistaInVet*, 8(1):23-30.
- Ketterings, Q., Cella, S., Czymmek, K., Crittenden, S. (2016). What is the Nutrient Balance of Your Dairy Farm? Department of Animal Science, Cornell University. <http://blogs.cornell.edu/whatscroppingup/2016/04/20/what-is-the-nutrient-balance-of-your-dairy-farm/> [09/09/2016].
- Lewandowski, I., Faaij, A.P.C. (2005). Steps towards the development of a certification system for sustainable bioenergy trade. *Biomass&Bioenergy* 30: 83-106.
- Montico, S., Bonel, B., Di Leo, N., Denoia, J., 2007. *Revista Científica de la UNLAR* 2 (3): 7-14. Gestión de la energía en el sector rural: Cuenca del arroyo Ludueña, Sta.Fe.
- Salazar, F., Alfaro, M., Dumont, J. 2008. Clean Production Agreement for dairy farmers in the South of Chile: a collaborative initiative of the government and farmers to improve environmental management. *Proceeding of RAMIRAN.* pág. 299-302.
- Tieri, M.P., Comeron, E., Pece, M.A., Herrero, M.A., Engler, P., Charlon, V., García, K., 2014. Indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad integral de los sistemas de producción de leche con énfasis en el impacto ambiental. *Public. Miscelánea.* ISSN 2314-3126. Año 2:1.