

Balance de nutrientes en tambos. Una herramienta de aproximación al posible potencial de impacto ambiental desde fuentes difusas.

Alejandro La Manna¹, Henry Durán², Verónica Ciganda³, Juan Mieres⁴, Yamandú Acosta⁴

En los últimos 30 años el Sector lechero uruguayo ha procesado una profunda transformación, pasando de una situación de importador neto de lácteos en la década de 70, a exportar actualmente más del 60 % de la leche producida. La explicación de este crecimiento, en un contexto internacional desfavorable (barreras arancelarias, políticas de subsidios de países exportadores, etc.) se encuentra en la incorporación continua y creciente de tecnologías que permitieron un sustancial incremento de la productividad para mantener el ingreso.

A la vez, en los últimos 35 años la producción de alimentos se duplicó pero el uso de fertilizantes nitrogenados, fosforados, tierras irrigadas y en cultivos se multiplicó por 6,87; 3,48; 1,68 y 1,1 respectivamente (Tilman, 1999). Este incremento en fertilizantes junto con una mayor carga por hectárea y un mayor uso de concentrados ha llevado a mayores problemas potenciales de contaminación. Sin embargo los problemas de contaminación con nutrientes no son generalmente el resultado de mal manejo por los productores sino del desarrollo de sistemas agropecuarios sin costos o penalidades asociadas a una calidad ambiental (Beegle et al., 2000).

El caso del desarrollo lechero de Uruguay no escapa al contexto de otros desarrollos agropecuarios en el mundo. La caída sostenida de los precios en dólares constantes, salvo algunos años, llevó al productor a dos posibles estrategias para mantener o mejorar su ingreso: agrandarse a nivel de establecimiento y/o intensificarse. La intensificación en Uruguay ha pasado como se desprende de los cambios tecnológicos en una mayor especialización, aumentos de carga, uso del suelo más intenso y aumento del suministro de concentrados. El uso creciente de insumos puede desembocar en polución desde puntos difusos. El manejo de nutrientes es la estrategia internacional para estos casos (Beegle et al., 2000).

Es necesario entonces entender como es el flujo de nutrientes dentro de un agroecosistema. Desde el punto de vista de la sostenibilidad y de su impacto en el ambiente los sistemas pueden ser extractivos, neutros o excedentarios en nutrientes. Las pérdidas de nutrientes de estos sistemas puede ser de una fuente bien definida (por ej. de la sala de ordeño) o de fuentes difusas (pérdidas de nutrientes por erosión etc.). Cualquiera de estos tipos de pérdidas afecta la calidad del agua, del suelo y del aire.

Las pérdidas de nutrientes de fuentes definidas son identificables y su manejo se puede realizar para minimizar cualquier impacto en el medio ambiente. En cambio las pérdidas difusas o de más de un punto del sistema son por lo general más difíciles de detectar y pueden llegar a tener un impacto importante sobre la calidad del agua, del suelo, del aire y de la sostenibilidad del sistema.

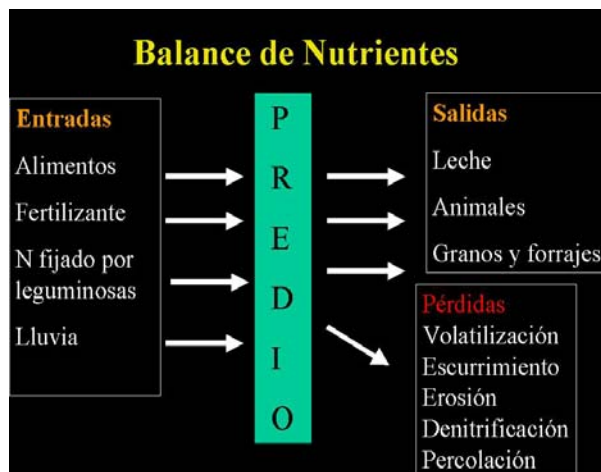
El manejo de nutrientes integra diferentes aspectos del predio. Este manejo comienza con un balance donde se cuantifican los nutrientes que entran en el predio y los nutrientes que dejan el predio (Tyrell, 2001). Dentro de los límites del predio las entradas de nutrientes son alimentos que se traen de afuera (ración, fardo etc.), fertilizante, N fijado por las leguminosas y lluvia, mientras que las salidas pueden ser controladas como es el caso de productos animales o vegetales o no controladas o pérdidas como volatilización, percolación, denitrificación, escurrimiento y erosión. La figura 1 resume los conceptos anteriormente mencionados.

¹ Ing. Agr. (PhD), Director Programa Producción de Leche, INIA.

² Ing. Agr. (MSc) (retirado), INIA La Estanzuela

³ Ing. Agr. (MSc), Programa Producción y Sustentabilidad Ambiental, INIA La Estanzuela.

⁴ Ing. Agr. (MSc), Programa Producción de Leche, INIA La Estanzuela.



El manejo integral de nutrientes abarca diferentes áreas de conocimiento e investigación además de un pormenorizado registro de información a nivel de sistemas.

Los criterios generales que integran y se toman en cuenta para un manejo integral de nutrientes son:

- Estimación de pérdidas de nutrientes y la influencia de diversas prácticas de conservación o manejo sobre estos y sobre el ambiente.
- Reciclaje de nutrientes
- Almacenamiento de estiércol y aguas residuales
- Estrategias de alimentación del ganado
- Registración detallada y adecuada

Los modelos de intensificación usados

Usando cinco variables: **1)** Rotación forrajera-tipo de laboreo, **2)** Producción y uso de reservas forrajeras, **3)** Uso de concentrados, **4)** Dotación de vacas-masa (vm) por ha y **5)** Grado de uso del Potencial Animal, se identificaron **8 "modelos tecnológicos"** principales que reflejan etapas sucesivas del avance del conocimiento aplicado al desarrollo tecnológico de la producción de leche uruguaya, desde la década del 70 hasta el presente.

El modelo **(1)**, pastoril **extensivo**, refleja los sistemas predominantes durante varias décadas pasadas, basados en Campo Natural, cultivos anuales y concentrados (0.3 kg/l), pocas reservas y muy baja productividad (0.35 vm/ha, 2200 l/vm y 770 l/ha). El modelo **(2)**, pastoril **mejorado**, involucró un cambio sustancial, al incorporar praderas a base de leguminosas y fertilizantes fosfatados hasta en un 50 % del área. En este modelo característico de la década del 80, aumenta la cantidad y calidad de las pasturas, disminuye el uso de ración considerado como un insumo caro respecto al kg de Materia Seca (MS) de praderas y el gasto de concentrados baja a unos 0.110 kg/L, pero aumenta la dotación hasta un 40 % (0.5 vm/ha) como consecuencia de la mayor disponibilidad de forraje, la cual también permite aumentar la producción por vaca que alcanza a una media de 3800 L, con valores de producción por ha del orden de 2000 L. En estos años predomina el enfoque de estimar la cantidad de pasto a producir a partir de la cantidad actual de vacas en ordeño ó de la meta propuesta.

El modelo **(3)**, denominado pastoril **organizado** refleja la situación productiva que había alcanzado la Unidad de Lechería de La Estanzuela a fines de los años 80, dónde el enfoque de producción de pasto deja de tomar en cuenta la cantidad de vacas actuales y se plantea aumentar la oferta de MS de pasturas y cultivos anuales a través de planificar el uso del suelo con una rotación forrajera estable de praderas plurianuales y cultivos forrajeros de invierno y verano, apuntando a maximizar el rendimiento medio de forraje de la rotación. En este modelo, seguido también por productores de punta de la época, el ensilaje de maíz adquiere importancia como cultivo que entrega en un corto plazo, un alto rendimiento de forraje de calidad y deja un rastrojo apropiado para la instalación de praderas en otoño. La producción de heno, característica del

enfoque de aprovechar excedentes de pasto de primavera, pierde espacio, debido al aumento de la carga de vacas en ordeño, que en este modelo aumenta un 40 % respecto al anterior, con valores representativos del orden de 0.7 vm/ha. La mayor oferta de pasto y reservas de calidad permite mantener bajo el uso de concentrado por litro de leche producido (0.15 kg/lit) pero aumenta la producción por vaca a unos 4700 L/vm, que significan unos 3200 L/ha de superficie lechera total. Los conceptos de rotación forrajera predominantes en la época fueron discutidos por Durán (1992).

Los modelos (4, 5, 6, 7 y 8) fueron propuestos y validados mediante modelos físicos en la Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela, a partir el año 1991 hasta el presente y representan etapas sucesivas de búsqueda de opciones más eficientes de organizar la producción de leche a nivel predial, incorporando los nuevos avances técnicos y de enfoques empresariales y organizacionales que fueron surgiendo en el país.

El modelo (4) **Controlado** fue propuesto en 1990 y evaluado 3 años desde 1991 a 1994. El cambio conceptual involucrado consistió en buscar aumentar la producción usando los concentrados para incrementar la dotación, aumentando así la utilización de las pasturas por ha, sin disminuir la producción por vaca. Se fundamenta en resultados experimentales de la época que demostraron claramente el papel de los suplementos como herramienta para el aumento de la carga (Duran et al, 1985). Este modelo duplica la cantidad ración por vaca/año a 1200 kg y propone aumentar otro 40 % la carga (1.0 vm/ha), mantiene la producción por vaca del modelo organizado (4700 L/vm) pero el aumento de dotación hace posible llegar a 4700 l/ha de superficie lechera (equivalentes a 1.29 vm/ha y unos 6200 L/ha de superficie de vaca masa), lo que representa un 50 % de aumento en productividad.

El modelo (5) **Avanzado**, significó un nuevo cambio conceptual en la forma de concebir la producción de leche pastoril, hasta ese momento influenciada por la idea central, ampliamente documentada en la bibliografía científica de los años 60 a 80, de que el óptimo (físico y económico) de producción de leche por ha implicaba una productividad por vaca por debajo del potencial genético de los animales y que la respuesta a la suplementación bajo pastoreo no se justificaba económicamente.

Hasta el modelo **Avanzado (5)**, la rotación forrajera estaba basada en las prácticas convencionales de agricultura forrajera con laboreo del suelo para implantar las pasturas.

El modelo (6) planteado en 1998 y comenzado a evaluar el año siguiente, incorpora los nuevos conceptos de agricultura forrajera basada en el uso exclusivo de la siembra directa (SD), como nuevo paradigma emergente de manejo del suelo y muy atractivo para el sector lechero en términos operacionales y de sustentabilidad económica y ambiental, pero sobre el que los productores presentaban diversas dudas (Scarlato et al 2001).

En este modelo denominado **Avanzado con SD (6)**, el objetivo central fue evaluar la posibilidad de sustentar una producción de leche como la lograda en el modelo Avanzado, pero con una rotación forrajera implementada en base al uso exclusivo de **SD**. Por lo tanto no incorporó nuevos conceptos en términos de manejo de la alimentación animal. Se mantuvieron las mismas metas productivas por vaca y por ha del modelo Avanzado. El desafío fue comprobar la viabilidad de la SD como soporte de un sistema lechero intensivo con una carga de 1.4 vm relacionada a la superficie de vaca masa, produciendo 6500 L/vm, equivalentes a unos 9000 L/ha.

Se planteó un modelo físico de 42 ha, dentro de la Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela, denominado **SD-TP (7)**, en base a una rotación larga (6 años), iniciando con un ciclo de pradera mixta base alfalfa de 4 años, un solo cultivo de verano para pastoreo (sorgo) sembrado en la primavera del 4to. año de la pradera, seguido de una pradera bianual en base trébol rojo y gramíneas bianuales. Se usó una carga de 1.4 vm/ha con una meta de 6500 L/vm/año, en base a una dieta de pastoreo (50 %) suplementada con concentrados comprados (25 %) y ensilajes de pradera (25 %) producidos dentro del área de vaca masa. La evaluación se realizó durante tres ciclos anuales, obteniéndose una producción media de 6399 L/vm, equivalentes a 8895 L/ha, lo que resulta similar a los resultados obtenidos en base al modelo (7) **avanzado - SD** que incluía ensilaje de maíz y cultivos forrajeros anuales.

Vistos estos resultados, se decidió pasar a una etapa mas avanzada en productividad, basada en importar ensilaje de maíz, de manera de consumir bajo pastoreo la mayor parte del pasto producido por la rotación larga mencionada, limitando las reservas provenientes de praderas a excedentes ocasionales. Este modelo se denominó **SD-TP-Eml (8)** (Siembra directa-Todo

Pasto-Ensilaje de maíz importado) e implica un nuevo aumento de carga para llegar a 1.8 vm/ha de superficie de vaca masa, con una meta de 6500 L/vm y una producción esperada de 12500 L/ha. Transcurrido el primer año de evaluación de este modelo, durante el año 2008, se alcanzó un 93 % de la meta, básicamente debido a la sequía que afectó el rendimiento de pasturas durante casi todo el año, pero con mayor intensidad desde la primavera.

El estudio del ciclo de los nutrientes en todos estos modelos muestra un ingreso creciente de nitrógeno (N) total desde 8 (**Extensivo**) hasta unos 180 kg/ha/año en los más intensivos (más del 60 % debido a la fijación biológica), con una eficiencia de conversión en leche y carne que varía entre extractivo o negativo en el sistema extensivo y el 22 %. El fósforo (P) naturalmente bajo en los suelos de Uruguay (< 5 ppm, Bray), aumentó por fertilización con superfosfatos a niveles de 10-20 ppm, según la etapa de la rotación para garantizar una alta productividad de las leguminosas, con eficiencias de extracción entre el 28 y 40 %. En los sistemas con laboreo convencional, a pesar de las altas productividades de leche y carne alcanzadas por ha, la erosión continuó siendo el factor más relevante en cuanto a la pérdida de nutrientes desde los sistemas al ambiente.

Lo que queda del balance es lo que no se puede explicar en un año promedio. Los suelos tienen capacidad de acumular dentro de ciertos niveles lo que significa que no necesariamente habrá pérdidas al medio ambiente con acumulaciones posibles de 30 a 100 kg de N /ha/año (Aarts et al., 1992; Berentsen and Giesen, 1995) aunque en el largo plazo se darán acumulaciones y pérdidas al medio ambiente. Interesante en ver, que en nuestros sistemas más intensivos acá representados el N que entra por fijación biológica sigue siendo al menos el 60% del total. Este N no está todo fácilmente disponible y permite que haya menores pérdidas al ambiente. Estos balances que muestran superávit no significan que a nivel del predio se da una distribución homogénea. Existen acumulaciones y desbalances. También es interesante que a medida que intensificamos hay mayor potencial de contaminación por hectárea pero se necesita menos nutrientes por producto o sea que es más eficiente. Con respecto al P y salvo para los sistemas E y M, en los otros que son incluso más rentables, se da una mayor eficiencia en la utilización dada por dietas más balanceadas. A nivel de suelo estos excedentes no son mayormente significativos.

Una última etapa al evaluar ambientalmente a los sistemas productivos es valorar monetariamente los efectos de la contaminación o degradación por estos causada. Uno de los problemas es que los bienes por estos afectados en general no tienen un valor de mercado. Por ejemplo la degradación de suelos resulta en dos tipos de costos, directos e indirectos. Los costos directos son determinados como la pérdida de productividad futura como consecuencia del manejo actual. La investigación económica demuestra que estos son frecuentemente mal determinados y pueden resultar de poca importancia para el conjunto de la sociedad. Los costos indirectos son los costos externos de la degradación o que tienen efectos fuera del sistema productivo. Estos son en general difíciles de cuantificar aun cuando pueden resultar de alta significación desde el punto de vista social. En la medida que los costos indirectos no son asumidos por los productores agropecuarios estos no cuentan con el incentivo para cambiar su comportamiento (Fernández y La Manna, 2003).

Consideraciones finales

Es claro que a través de manejo integral de nutrientes a nivel predial que permita ir mejorando la nutrición de las vacas para obtener más sólidos de leche, con dietas más balanceadas y con un manejo adecuado del pastoreo, las áreas de confinamiento y el reuso de los efluentes se puede disminuir las acumulaciones y los posibles focos de contaminación que existen en todo establecimiento.

En definitiva, una premisa fundamental a buscar para las condiciones de Uruguay debería ser producir una leche de bajo costo, mediante tecnologías que puedan ser usadas por la mayor parte de los productores, diferenciada en calidad, obtenida con un proceso no contaminante y que permita explotar mercados de alto valor.

Bibliografía

- Aarts, H. F. M., E. E. Biewinga, and H. van Keulen. 1992. Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40:285-299.
- Beegle, D. B., O. T. Carton, and J. S. Bailey. 2000. Nutrient management planning: justification, theory, practice. *J. Environ. Qual.* 29:72-79.
- Berentsen, P. B. M. and G. W. J. Giesen. 1995. An Environmental-Economic Model at Farm Level to Analyse Institutional and Technical Change in Dairy Farming. *Agricultural Systems* 49:153-175.
- DIEA (Estadísticas Agropecuarias, UY). 2006. Estadísticas del sector lácteo 2005. [Montevideo], MGAP. 36 p. (Trabajos Especiales no. 243).
- Duran, H., Cea, A., Acosta, Y., MIERES, J. (1985) Efecto de la presión de pastoreo y el suministro de concentrado en la lactancia temprana sobre vacas Holando de parición de otoño. In DIALOGO X, Manejo de pasturas cultivadas y suplementación para producción de leche. IICA, Montevideo, octubre de 1985, pp 249.
- Durán, H. (1992). Productividad y alternativas de rotaciones forrajeras para producción de leche. *Revista INIA de Inv. Agrop.* No. 1, tomo II, pp 189-204.
- Durán, H. (1994a). "Sistema de Alta Producción de Leche" in Jornada sobre Presentación de Resultados Experimentales, 1993, Unidad de Lechería, INIA La Estanzuela, Agosto 1993, pág. 11-20;
- Durán, H. (1998) "Sistema 2: Alta producción de leche por vaca y por ha." Serie Actividades de Difusión No. 163, INIA La Estanzuela, 1998.
- Fernández, E. y A. La Manna. 2003. Análisis de la sostenibilidad física y económica de rotaciones de cultivos y pasturas. En: Simposio: 40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas. Morón, A. y R. Díaz (eds.). Serie Técnica 134. INIA La Estanzuela. 55-63.
- García Préchac, F.; Ernst, O.; Siri, G; Terra, J.A. (2002). Integrating non-Till into livestock pastures and crops rotation in Uruguay. In: Van Santen, E (Ed.) Making conservation tillage conventional: Building a future on 25 years of research. Proc. Of 25th Annual Southern Cons. Tillage Conf. For Sustainable Agricultura. Auburn, AL, 24-26 June 2002. Special Report No. 1, Alabama Agric. Exp. St. And Auburn Univ., USA, p 74-80.
- La Manna, A. F. 2002. Feeding strategies and nutrient management of grazing cattle of Uruguay. Ph.D. Oklahoma State University.
- Scarlato, G., Buxedas, M., Franco, J., Pernas, A., Ernst, O., Bentancur, G., Siri y Lazbal, E. (2001). Adopción y demandas de investigación y difusión en siembra directa: encuestas a la agricultura y lechería del suroeste de Uruguay. INIA, Serie FPTA No. 06, Octubre 2001.
- Terra, J.A.; García Prechac, F. (2001) Siembra directa y rotaciones forrajeras en las Lomadas del Este: síntesis 1995-2000. INIA Treinta y Tres, Serie Técnica 125.
- Tilman, D. 1999. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *PNAS* 96:5995-6000.