



Balace de nutrientes en tambos, una primera aproximación al proceso de intensificación y su potencial impacto en el ambiente

Alejandro La Manna¹ - Henry Durán¹

¹ Programa Producción de Leche, INIA La Estanzuela

En las últimas décadas ha habido una mayor preocupación por mejorar o mantener la calidad del ambiente. Los sistemas productivos han tendido a una mayor utilización de insumos persiguiendo una mayor productividad con consecuencias muchas veces no deseables hacia el agroecosistema. Se entiende como agroecosistema a aquel sistema ecológico que es manejado con el propósito de producir alimentos y/o fibras.

Los componentes funcionales de un agroecosistema se relacionan a los flujos de energía, nutrientes, materia y especies biológicas (Altieri, 1995). Los humanos a través de sus actividades tienen un rol muy importante en alterar y dirigir estos flujos. Sin embargo estos agroecosistemas bien manejados desde el punto de vista ambiental pueden brindar servicios a la comunidad, los cuáles correctamente valorados hacen al patrimonio de la población mundial (Costanza et al., 1997).

Existen diversos indicadores para medir el impacto que tienen los diferentes manejos que se realizan sobre el agroecosistema. Estos indicadores pueden ser biológicos (microbios del suelo, insectos, biodiversidad, patógenos fecales, etc.), físicos (degradación del suelo y características físicas del suelo), químicos (materia orgánica del suelo, niveles de nutrientes, etc), de estructura del paisaje y socioeconómicos. Estos indicadores son muy importantes para estudiar la evolución e impacto de las diferentes tecnologías sobre el medio ambiente.

Además de tener en cuenta estos indicadores es necesario 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 afectan 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.

En este trabajo se estudia el potencial de contaminación a través de balances de nutrientes del proceso de intensificación de la producción lechera en Uruguay.

I. Aspectos tecnológicos del proceso de intensificación de la producción lechera.

En base a las siguientes cinco variables:

- 1) Rotación forrajera y sistemas de Laboreo,
- 2) Producción y uso de reservas forrajeras,
- 3) Uso de concentrados,

- 4) Dotación de vacas-masa (vm) por ha
- 5) Grado de uso del Potencial Genético Animal,

se identificaron seis "**modelos tecnológicos**" principales que reflejan etapas sucesivas del avance del conocimiento aplicado al desarrollo tecnológico de la producción de leche uruguaya. Proveen de un marco analítico racional para evaluar posibles caminos y grado de dificultades para dar continuidad al proceso de intensificación en curso.

En el Cuadro 1 se resumen los principales indicadores técnicos de cada modelo.

El modelo (1), pastoril **extensivo**, refleja los sistemas predominantes en las décadas del 30 al 60, basados en Campo Natural, un bajo porcentaje de cultivos anuales de invierno y de verano, pocas reservas y muy baja productividad media por vaca masa (vm) y por ha: 0.35 vm/ha, 2200 l/vm y 770 l/ha. La leche era obtenida por el uso continuo y relativamente alto de concentrados (0.3 kg/l), siendo el afrechillo de trigo el más usado. Este modelo, con sus lógicas variantes fue representativo del período en que Uruguay era importador de lácteos, el principal producto comercial era la leche pasteurizada, que representaba un 80 % de la oferta total de productos lácteos. El precio era administrado políticamente para asegurar un ingreso al productor que garantizara un abastecimiento base durante los meses de invierno.

El modelo (2LC), pastoril **mejorado**, involucra un cambio sustancial, al incorporar un esquema de agricultura forrajera con Laboreo Convencional (LC) del suelo, en base a la introducción de leguminosas viabilizadas por la disponibilidad de inoculantes comerciales de calidad (*Rhizobium*) y la incorporación de fósforo (P) con fertilizantes minerales, ya que los suelos de país presentan un bajo nivel natural de este nutriente, (P<5 ppm, Bray). La fijación simbiótica de Nitrógeno (N) permite asociar gramíneas anuales y perennes, lográndose praderas mixtas con productividades anuales del orden de 6-9 ton de materia seca (MS) por ha si se aplica un manejo correcto del pastoreo. Sin embargo la limitada adaptación de las leguminosas introducidas y junto a fertilidad incrementada por la mayor disponibilidad de P (fertilizante) y de N (fijación simbiótica) promueve la aparición de malezas, principalmente *Cynodon Dactylon*, una gramínea estival perenne introducida al país, que limita la duración de las praderas mixtas a 3-4 años, ocupando no más del 50 % del área (sin definir rotaciones), aumenta la oferta de pasturas, disminuye el uso de ración (0.110 kg/lit), aumenta la dotación un 60 %, llegando a 0.5 vm/ha, y crece la importancia del heno. La producción por vaca aumenta en forma importante, siendo valores representativos unos 3800 lt/vm y 2000 lt/ha. Este modelo con sus variantes, es el resultado de las propuestas técnicas generadas y difundidas durante las décadas del 70 y 80, y que comienzan a adoptarse en forma creciente a partir de mediados de los 80.

En el modelo (3LC) **organizado**, representa un avance

natural del modelo mejorado, en cuanto introduce y utiliza orgánicamente la **planificación** forrajera, nutricional y reproductiva. Se sigue un plan de rotaciones que optimiza el uso del suelo y permite aumentar al máximo conocido, sin riego, la producción de MS. Además de las pasturas mezclas de gramíneas y leguminosas, incluye cultivos forrajeros anuales de pastoreo de verano (sorgos), de invierno (avena/raigras) y para ensilaje (maíz).

El ensilaje adquiere más importancia que el heno, aumenta la dotación otro 40 %, (0.7 vm/ha) y mantiene bajo el uso de concentrado por litro (0.15 kg/lit) aunque gasta 670 kg/vaca. En este caso aumenta la producción a 4500 lt/vm y 3100 l/ha..

El modelo (**4LC**), denominado **Controlado**, surge como propuesta de la investigación a principios de los 90 (Durán, 1991, 1992, 1994a, 1994b, 1996a) y se fundamenta en aumentar la producción en base a la alta respuesta que se obtiene al usar los concentrados para incrementar la **dotación**. Duplicando la ración por vaca (1200 kg), aumenta otro 40 % la carga (1.0 vm/ha), mejora la utilización del forraje, mantiene o mejora la producción por vaca (4700 lt/vm) pero permite superar los 4500 l/ha de leche.

En este modelo el consumo de MS de ensilaje y ración por vaca y por año llega a **35 %** y permite **controlar** las variaciones imprevistas (efecto clima) en la oferta mensual de pastura, por lo cual se alcanza una alta estabilidad en la producción de una misma época entre años diferentes. La concentración de la parición en otoño permite ganancias

extras en eficiencia del manejo nutricional a través de la alta calidad de las pasturas durante otoño, invierno y primavera.

El modelo (**5LC**) **Avanzado**, también se plantea y valida desde la investigación (Durán 1996b, Duran 1998, Duran, 1999, Duran 2000a, Duran 2000b) y tiene como única opción práctica capitalizar el **Potencial Animal** aún inexplorado, ya que 4800 lt/v implica no más del 60 % del potencial genético de los rodeos Holando. Se plantea este concepto de única opción debido a que con las variedades forrajeras disponibles en el mercado y las prácticas culturales conocidas, sin incorporar el riego, no existen posibilidades prácticas de aumentar sustantivamente el rendimiento de MS de las rotaciones forrajeras disponibles en el país.

La opción de explotar mejor el potencial genético del ganado Holando Uruguayo necesariamente pasa por el uso de cantidades mayores de concentrados, dado que disminuir la dotación para favorecer la selectividad y el consumo, implica una menor producción total de leche por ha, (Duran, 1987).

Tanto los resultados experimentales como de simulación físico-económico muestran que mejorando la calidad y la cantidad de ración hasta un 30-35 % de la dieta anual (unos 1800 kg/vm) y elevando la dotación a 1.07 vm/ha se obtiene con el mismo ganado un rendimiento de leche de 6500 lt/vm y 6900 l/ha, lo que significa un incremento significativo y una mejora total del ingreso neto.

CUADRO 1. Valores representativos de los modelos de intensificación de la lechería uruguaya.

MODELOS:	Extensivo	Mejorado	Organizado	Controlado	Avanzado	Avanzado/SD
ROTACIÓN	no	no	si	si	si	si
PRADERAS (%)	9	50	60	60	60	60
M. S. /HA	muy baja	media	alta	máxima	máxima	máxima
ENSILAJE	muy bajo	bajo	medio	alto	alto	alto
HENO	muy bajo	alto	medio	muy bajo	muy bajo	muy bajo
RACION (kg/vaca)	660	420	650	1200	1800	1700
" (kg/ha) *	230	250	450	1200	2000	1800
DOTACION (vm/ha)*	0.3	0.5	0.7	1.0	1.07	1.07
LECHE (l/vm)	2200	3800	4700	4800	6500	6700
" (l/ha)*	760	2000	3200	4800	6900	7100
PARICION (época)	continuo	variable	otoño 50%	otoño 50 %	otoño 100%	otoño 100%
SERVICIO	toro	toro	toro / I.A.	I.A.	I.A.	I.A
II P (meses)	18	16	14	13	13	13
ENTORE (edad)	36	18-24	18-24	18	15-18	15-18

referida a la superficie lechera total (área de vaca masa mas área usada por reemplazos)

I.A.: Inseminación artificial



Tanto el modelo **controlado (4LC)** como el **avanzado (5LC)** han sido experimentados en los últimos 7 años a escala comercial (42-45 ha) en la Unidad de INIA La Estanzuela. El análisis económico muestra un gran impacto sobre el ingreso neto por ha (Cuadro 2) y el análisis de sensibilidad a los precios de los insumos y productos muestra la existencia de una tolerancia considerable, antes de generar una situación de ingreso neto nulo.

Una opción que surge a fines de los años 90, es la sustitución de la **agricultura forrajera convencional** por la **siembra directa (SD)**, con opciones forrajeras que permitan eliminar ó disminuir el laboreo del suelo (menor erosión, mejora de propiedades del suelo) con mayor sustentabilidad de largo plazo, menores necesidades de insumos (combustible, mano de obra) y de capital en maquinaria (menor potencia de tracción al eliminar los laboreos y menos aperos de labranza) sin afectar la productividad de las pasturas y de los cultivos para ensilar. Dado el atractivo de esta opción, se diseñó el **modelo 6 avanzado con SD (6SD)**, usando la misma carga animal que en el avanzado (5LC), similares prácticas de manejo y suplementación, modificando solo la rotación forrajera para adaptarla a un sistema de siembra directa e intentar mejorar la calidad de la oferta de pasturas y la cantidad de ensilaje de maíz. Este modelo fue también evaluado en la Unidad de lechería durante 5 años (Durán, 2003)

A los efectos de esta discusión interesa resaltar que los indicadores de productividad por vaca y por ha fueron totalmente similares a los del modelo avanzado con agricultura convencional presentados en el cuadro 1, confirmándose una total adaptación de la siembra directa a sistemas pastoriles con cargas tan importantes como 1,4 vacas masa por ha de vaca masa (Durán, 2004).

Es decir que no se presentaron problemas de implantación de praderas mezclas de gramíneas perennes con leguminosas, ni de cultivos de invierno o verano, obteniéndose los mismos rendimientos medios históricos de forrajes y leche por ha, que con agricultura con laboreo (Durán, 2003).

II. Oportunidades para alcanzar nuevos aumentos de productividad e ingreso

En este contexto es importante analizar que caminos se pueden recorrer para continuar mejorando la productividad y el ingreso a nivel predial.

De acuerdo al análisis precedente, el primer cambio tecnológico de gran impacto fue la incorporación de leguminosas en base al uso de fósforo, que potenció la productividad de las gramíneas asociadas, y permitió recuperar la fertilidad del suelo, (P agregado + N de fijación simbiótica). La mayor productividad y valor nutricional de las mezclas de gramíneas con leguminosas, habilitó una mayor carga y producción por vaca. El modelo **Organizado (LC3)** es representativo del potencial que se puede alcanzar en un sistema pastoril con máximo uso praderas y mínimo empleo de reservas forrajeras propias y de concentrados comprados. Una primer limitante de este modelo es que la vida productiva de las principales leguminosas "perennes" introducidas al país (lotus, trébol blanco, alfalfa), no supera los tres años con buen manejo, obligando a usar una

rotación con cultivos anuales entre praderas sucesivas, para "limpiar" el suelo de malezas, principalmente de gramilla (Duran, 1996a, Duran 1996b) y bajar el contenido de inóculos de microorganismos patógenos de las leguminosas (Altier, 2003). El uso de cultivos anuales, básicamente de gramíneas invernales (raigras, avenas) y estivales (sorgos forrajeros) introduce un factor de ineficiencia, por costos de laboreos, semillas, uso de N como urea, tiempos improductivos y riesgos de erosión alto por barbechos bajo laboreo, etc. Además la alta variabilidad de las lluvias, dentro de estaciones, provoca excesos de forraje difíciles de usar directamente en pastoreo ó conservar (suelo anegado), ó insuficiente disponibilidad de pastura para cubrir la demanda rígida de las vacas lecheras, conduciendo a una gran variabilidad en la calidad y cantidad de materia seca consumida por las vacas, lo que limita su producción de leche y condición corporal.

Para intentar superar esta situación se plantea el modelo **Controlado (LC4)**, donde se intenta optimizar la producción de forraje, incorporando cultivos anuales especializados para conservas (trigo asociado a la instalación de las praderas) y maíz para ensilaje, que junto a un incremento de la oferta de concentrados permite controlar un 35-40 % de oferta de alimento total anual de las vacas lecheras, y de esta forma compensar las variaciones estacionales en la cantidad y calidad de las pasturas. Así mismo el mayor control de la alimentación permite evitar el sobre pastoreo y su efecto negativo en la productividad de las pasturas, (Duran, 1996b, Duran, 1999). La mayor oferta de alimentos totales permite, además de una mejora en la producción por vaca, un aumento de la carga animal y una mayor producción total de leche, que durante la década del 90 resultaba rentable aún con precios de la leche menores a 15 centavos de dólar por litro (Alvarez, 1996), a un precio de los combustibles y fertilizantes menor al 50 % de los actuales.

El modelo **Avanzado (LC4)** se plantea profundizar el control de la dieta diaria de las vacas mediante un mayor uso de concentrados de calidad más adecuada para complementar las pasturas y permitir explotar mejor el potencial genético del ganado Holando Uruguayo. La mayor eficiencia económica de este modelo surge casi exclusivamente de "diluir" los costos fijos del predio, en una mayor producción de leche obtenida en base a una respuesta económica favorable a la suplementación con concentrados, debida a una respuesta física del orden de 1.5 a 2.5 litros de leche por kg de concentrado (Duran, 1987, Acosta, 1991, Acosta, 1994) y una relación de precios concentrados/leche del orden de 1:1. En términos de producción de pasturas y forrajes no presenta ningún cambio sustancial respecto a los modelos previos, ya que descansa en una rotación forrajera, basada en un laboreo intensivo del suelo, con todas las ineficiencias productivas y riesgos ya mencionados.

La incorporación reciente de la siembra directa (Durán, 2003) permite levantar algunas de las restricciones productivas de la agricultura convencional al eliminar el laboreo del suelo, bajando riesgos de erosión (Terra y García Préchac, 2001) y sobre todo disminuyendo los costos totales (Cuadro 2), debido a una importante reducción de los costos directos asociados a la etapa de instalación de pasturas y cultivos anuales. Sin embargo conceptualmente

sigue siendo un modelo de agricultura forrajera intensiva, con alternancia de praderas mixtas de leguminosas y gramíneas con cultivos forrajeros anuales de invierno y verano, con períodos improductivos no menores a 10-12 semanas entre el fin de una pastura (removida con herbicidas en lugar de laboreo del suelo) y el inicio del aprovechamiento de la siguiente (pastoreo o corte para reserva). El aprovechamiento del potencial de crecimiento de los cultivos de gramíneas anuales implica el uso de niveles altos de N, como urea, con las restricciones que imponen los costos y los riesgos ambientales.

Una ventaja adicional de la tecnología de la siembra directa es el aparente mejor control de la gramilla (*Cynodon Dactylon*), de gran efecto negativo sobre el rendimiento forrajero de las praderas y muy difícil de controlar solo mediante laboreos del suelo. Sin embargo mediante el uso apropiado de herbicidas totales, la incorporación de gramíneas perennes (*festuca*, *dactylis*) en las praderas, sumado a evitar el sobre pastoreo, el efecto de la gramilla se puede reducir a niveles aceptables, permitiendo alargar la vida productiva de las praderas a 4 años (Durán, 2003). Así mismo, la mejora en las propiedades físicas, la conocida acumulación de materia orgánica, (M.O) a nivel superficial que produce la siembra directa (García Préchac et al, 2002), unido a los cambios en la actividad biológica del suelo (Altier et al 2006), podría generar condiciones mas favorables para disminuir el potencial patogénico del suelo para la resiembra de leguminosas, un aspecto seriamente limitante del uso continuado de leguminosas y escasamente estudiado en el país, (Altier, 2003)

Esta hipótesis, unida a la disponibilidad de nuevas variedades forrajeras sugiere que el uso sistemático de la siembra directa permitiría encarar una estrategia de bajar la presencia de cultivos anuales relativamente costosos para pastoreo (avenas, raigrás) y reservas (maíz), buscando un sistema de **renovación de praderas**, que permita menores períodos improductivos entre pasturas sucesivas, y por consiguiente obtener una ganancia de rendimiento en materia seca y una disminución de costos al espaciar las siembras.

Este sistema que podríamos llamar **siembra directa y renovación** de praderas presentaría además, la ventaja de hacer un mayor uso del nitrógeno fijado por las leguminosas, disminuyendo ó incluso eliminando la dependencia de la urea, con las consiguientes conveniencia en términos económicos y ambientales de largo plazo.

Una rotación de esta naturaleza, permitiría una oferta muy interesante en términos de cantidad y calidad para pastoreo, pero en la hipótesis de mantener la misma carga de 1.4 vm/ha del actual modelo **avanzado con SD**, habría que obtener un volumen y calidad similar de ensilaje en base a praderas, al eliminar el maíz para ensilar, lo que representa todo un desafío técnico-productivo, con la ventaja de **apuntar a un sistema básicamente pastoril**, basado en el agregado de fósforo para las leguminosas como principal insumo extrapredial importado, además del combustible ya disminuido en cantidad por el uso de siembra directa y ciclos alargados de las pasturas.

Para mantener una producción por vaca masa de al menos 6500 l/lactancia parece imprescindible mantener el uso de concentrados, aunque la cantidad y composición de los

mismos podría variar para mantener o mejorar la digestibilidad de la fracción fibra de las reservas de pasturas y también por el mayor aporte del componente leguminosas y su efecto en la oferta de N y aminoácidos al rumen.

También cabría la posibilidad de aumentar la carga aún mas, importando el ensilaje de maíz al área de tambo (área no lechera por distancia, arrendamiento de campo, compra por contrato, etc.), minimizando las reservas de pasturas del área lechera, lo que además de aumentar la productividad podría simplificar el manejo general de pasturas y ganado.

Estas opciones están siendo actualmente analizadas y modelizadas para disponer de información cuantitativa a los efectos de decidir los posibles caminos a recorrer con los limitados recursos disponibles para investigar.

III. Impactos ambientales de los cambios tecnológicos, una primera aproximación

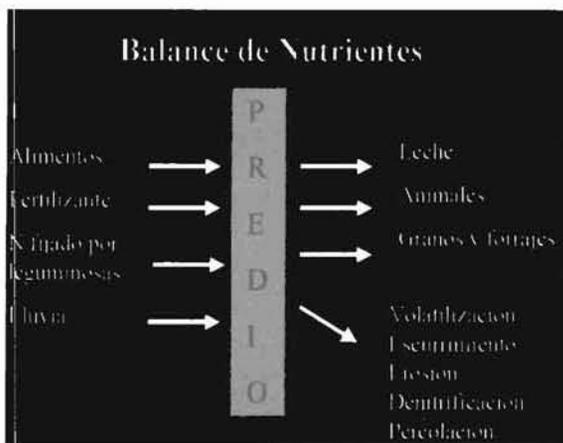
En los últimos 35 años la producción de alimentos se duplicó pero el uso de fertilizantes nitrogenados, fosforados, tierras irrigadas y en cultivos se multiplicó por 6,87; 3,48; 1,68 y 1,1 respectivamente (Tilman, 1999). Este incremento en fertilizantes junto con una mayor carga por hectárea y un mayor 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. Como se explicó anteriormente la caída sostenida de los precios en dólares constantes, salvo algunos años como este, 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 no específicos. El manejo de nutrientes es la estrategia internacional para estos casos (Beegle et al., 2000).

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.

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:

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

A los sistemas presentados extensivo (E), mejorado (M) y organizado (O) el balance de nutrientes se desarrolló a partir de modelación, experimentos parciales, encuestas y de diferentes predios para el nivel tecnológico utilizado. Los sistemas controlado (C) y avanzado (A) primeramente fueron

Cuadro 2. Balance de nitrógeno para los cinco sistemas (Kg N/ha/año)

Modelo	E	M	O	C	A
Entradas (E)					
Fertilizante Concentrado	2,75	11,55	14,38	25,71	25,71
Vacas	4,88	5,32	8,72	22,53	38,58
Vaquill	0,04	0,14	0,39	1,28	1,81
Fijado Leg N	0,00	49,74	82,68	101,91	101,91
Total	7,67	66,75	106,16	151,43	168,02
Salidas (S)					
Leche	3,69	9,40	15,06	22,84	32,55
Refugo	1,09	1,87	3,01	4,38	4,69
Total	4,78	11,27	18,08	27,21	37,24
Exceso (E-S)	2,89	55,48	88,08	124,21	130,78
Eficiencia (S/E)	,623	,169	,170	,180	,222
Pérdidas (P)					
Total	10,48	32,04	45,70	58,62	58,69
Balance(E-S-P)	-7,59	23,44	42,38	65,60	72,09

modelados y luego prototipeados e implementados en la Estación Experimental La Estanzuela. Se tomo el modelo compartimental tomándose el predio como un todo teniendo entradas (concentrados, fertilizante y fijación biológica) y salidas (leche y animales) y las perdidas (escurrimiento, lixiviación, volatilización y denitrificación). Los criterios utilizados así como una explicación más detallada puede ser encontrada en La Manna (2002).

Para el caso del P las eficiencias son de 0,398, 0,330, 0,285, 0,293 y 0,369 para el extensivo, mejorado, organizado, controlado y avanzado respectivamente.

Lo que queda del balance es lo que no se puede explicar en un año promedio. Los suelos tiene 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 perdidas 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 mas 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.
- Acosta, Y. (1991). Utilización de ensilajes, concentrados y pastures para producción de leche. In *Pasturas y Producción Animal en Areas de Ganadería Intensiva*. Serie Técnica No. 15. Inia La Estanzuela, noviembre 1991.
- Acosta, Y. (1994). Resumen de resultados de los trabajos de alimentación de vacas lecheras. In *Jornadas sobre Presentación de Resultados Experimentales*. Ejercicio 1993, Inia La Estanzuela, Programa Nacional de Lechería, 1994. Serie Actividades de Difusión 100.
- Altier, N. (2003). Caracterización de la población de *Fusarium oxysporum* y potencial patogénico del suelo bajo rotaciones agrícolas-ganaderas. In "40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas", Serie Técnica 134, Inia La Estanzuela, setiembre, 2003
- Altier, N.; Bajsa, N.; Azziz, G.; Quagliotto, L.; Zerbino, S.; Morón, A.; Arias, A. (2006). Biodiversidad del suelo bajo diferentes sistemas de producción. Reunión do grupo técnico em forrageiras do Cone Sul. Grupo Campos (21, 2006). Desafios e oportunidades do bioma Campos frente à expansão e intensificação agrícola; palestras e resumos. Pelotas, EMBRAPA Clima Temperado. Temas Variados. 5-01. V.1. (documentos n° 166) 1 cd.
- Alvarez, J. et al (1996). "Análisis Económico del Sistema de Alta Producción de Leche del INIA: ejercicios 1992/93, 1993/94 y 1994/95", Serie Actividades de Difusión No. 100, INIA La Estanzuela.
- 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).
- Durán, H. (1987) Hacia un enfoque integral de la problemática de producción y utilización de pasturas con ganado lechero. In *PROCISUR, DIALOGO XIX*, pp 257, Montevideo, setiembre de 1987.
- Durán, H. (1991). Investigación aplicada en lechería. In «Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva.» INIA, Serie Técnica No. 15, pp 145-155;
- 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. (1994b). «Sistema de Alta Producción de Leche» in *Jornada sobre Presentación de Resultados Experimentales*, Ejercicio 1993, Programa Nacional de Lechería, Serie Actividades de Difusión N° 21, INIA La Estanzuela, 1994, pág. 1-8;
- Durán, H. (1996a). «Sistema 1: Alta producción de leche por ha. I. Resultados productivos de los ejercicios 1992-93-94. Serie Actividades de Difusión No. 100, INIA La Estanzuela. 1996;
- Durán, H. (1996b). «Sistema 2: Alta producción de leche por vaca y por ha. Serie Actividades de Difusión No. 100, INIA La Estanzuela, 1996;
- Durán, H. (1998) «Sistema 2: Alta producción de leche por vaca y por ha.» Serie Actividades de Difusión No. 163, INIA La Estanzuela, 1998.
- Durán, H. (1999) Cambios e intensificación en los sistemas pastoriles de producción de leche en Uruguay. *Anais dos Simpósios e Workshops da XXXVI Reuniao Anual Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Antonio Mário Penz Júnior, L.O. Bertolla Afonso, G. J. Wassermann (Eds.). 26 a 29 de julho de 1999, Porto Alegre, RS. Brasil.
- Durán, H. (2000a) . Cambios tecnológicos e intensificación en los sistemas pastoriles de producción de leche en Uruguay. XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. 28 al 31 de marzo del 2000. Montevideo, Uruguay.
- Durán, H. (2000b) Alternativas de intensificación en los sistemas pastoriles de producción de leche en Uruguay. In «Sistemas de producao de leite baseado em pastagens sob plantio direto.» Kochhann, R.A., Tomm, G.O., Fontaneli, R.S. eds. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 352 p.
- Durán, H. (2003) Validación de un Sistema lechero de alta producción por vaca y por ha con Siembra Directa. In "Siembra Directa para producción de leche, " Serie Actividades de Difusión" Nro. 314, INIA La Estanzuela, 2003. 36p
- Durán, H. (2004) Desafíos y oportunidades del sector lechero. In "Serie Actividades de Difusión Nro. 361, INIA La Estanzuela, junio del 2004.
- Fernández, E. y A. La Manna. 2003. Análisis de la sostenibilidad física y económica de rotaciones de cultivos y pasturas. En: *Simpósio: 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.
- 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.