

TRABAJO FINAL

Diagnóstico Ambiental en Predios Lecheros:
Relación entre los balances de nutrientes y los
procesos de intensificación de los sistemas
productivos.

Para optar por el grado de Especialista en la Gestión Ambiental de los
Sistemas Agroalimentarios

Autora: Ing Agr. Graciela Varillas

Tutora: Ing Agr Maria Alejandra Herrero

Co - tutora: Ing Agr. Marina Maekawa

Marzo 2014

Agradecimientos

A los responsables de la Especialidad en Gestión Ambiental de los Sistemas Agroalimentarios de la Escuela de Posgrado "Alberto Soriano" de la Facultad de Agronomía de la UBA por el esfuerzo y la responsabilidad puesta en la coordinación y el dictado de los cursos.

A la Ing. María Alejandra Herrero por la excelente disposición para dirigir este trabajo, además de aportar material e ideas, y por su estímulo y acompañamiento incondicional.

A la Ing. Marina Maekawa por acompañarme en todas las etapas de elaboración de este trabajo aportando información y mucha paciencia.

A Lorna Carbó que me ayudó a resolver las cuestiones estadísticas e hizo muy fácil la interpretación de los resultados.

A los productores que aportaron toda la información que les solicité, siempre bien dispuestos y amables.

A mis compañeros de INTA que me brindaron su apoyo incondicional durante la elaboración de este trabajo.

Al grupo de docentes de la Especialidad por generar nuevas inquietudes en cada espacio que compartimos.

A mis hijos por solucionar y resolver mis falencias informáticas

INDICE	
RESUMEN	4
Abstract.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
OBJETIVOS.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS	15
1) Selección de la zona de estudio	15
2) Selección de los establecimientos.....	16
3) Recopilación de la información	17
4) Selección y cálculo de los indicadores.....	18
5) Análisis de resultados.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
1) Descripción de los establecimientos	22
2) Indicadores de manejo de nutrientes (N y P).....	25
2.1 Nitrógeno	25
2.2 Fósforo	29
2.3 Relación entre los indicadores de N y P y con la intensificación	34
3) Indicadores de manejo de nutrientes (Ca, K, Mg).....	35
3.1 Calcio	35
3.2 Potasio.....	38
3.3 Magnesio.....	39
3.4. Indicadores de eficiencia de uso	40
3.5 Relación entre los indicadores de Ca,K y Mg con la intensificación	42
3.6 Indicadores de reposición mineral.....	42
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES:.....	50
Referencias Bibliográficas:.....	53

RESUMEN

Es creciente la preocupación a nivel mundial respecto de las prácticas implementadas para generar alimentos que intentan resolver el crecimiento de la demanda, con la cada vez mayor intensificación de los sistemas productivos en general, y de los sistemas ganaderos en particular. Si bien es un camino y una oportunidad para los países agroexportadores, al mismo tiempo genera preocupación desde el punto de vista ambiental, porque existen evidencias suficientes de los riesgos de contaminación de suelos y aguas por los excedentes de nutrientes que se generan producto de las excretas animales. Es necesario conocer estos excedentes y cuantificarlos, como una manera de mantener la sustentabilidad en el largo plazo. En Argentina, existen estudios que demuestran que la incorporación continua a los sistemas productivos lecheros tanto de alimentos concentrados como de fertilizantes, junto a cambios en las prácticas de alimentación, genera desbalances que finalmente impactan sobre el ambiente (agua/suelo). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la condición ambiental de predios lecheros con diferentes niveles de intensificación, localizados en la Cuenca Lechera Oeste de la Provincia de Buenos Aires, según el comportamiento de indicadores de manejo de N, P, K, Ca y Mg a escala de predio. Se han estimado como balances promedio para N=200,0, P=22,1, Ca=17,9, K=15,5 y para Mg=9,8, todos expresados en kg/ha/año, que resultaron similares para N y P y superiores para Ca, K y Mg a otros trabajos en la región. Los valores de los balances de todos los nutrientes estudiados están asociados a la intensificación, medida como la cantidad de energía que ingresa en alimentos adquiridos desde fuera del predio (EG/ha/año). Las eficiencias de uso de los nutrientes no se relacionan entre sí, es decir se puede ser muy eficiente en el uso de uno pero no de los demás, mostrando la dificultad para un manejo integral. Si bien los balances de minerales son mayores a los calculados en estudios anteriores, la ausencia de fertilizantes que los aporten al sistema genera algunas deficiencias, como en el caso del Ca que presenta balance negativo en uno de los predios analizados. En síntesis, la intensificación de los establecimientos lecheros en la región pampeana ha generado un aumento de los

excedentes de nutrientes a escala predial que puede ocasionar problemas, si estos excesos no se distribuyen adecuadamente en aquellos lugares del predio de los cuales fueron extraídos, por ejemplo, un potrero donde se ha pastoreado. Por otra parte el incremento de la proporción de alimentos externos en la ración total lleva a la necesidad de habilitar sectores en los cuales poder suministrarlos. Si estos sectores (corrales) no se planifican adecuadamente aportaran a la contaminación de suelos y aguas especialmente de N y P.

Palabras claves : Nutrientes – Producción Lechera – Gestión ambiental

Abstract

There is an increasing worldwide concern about farm practices to generate enough food to solve population growing demand. These practices are use in, the ever-growing productive system intensification, in general, and in the livestock farming systems in particular. Even though it is an option and an opportunity for agro-exporter countries, at the same time, it raises concern from the environmental point of view, since there is enough evidence of soil and water contamination risks as a consequence of nutrient surpluses, which are a product of animal excreta. It is necessary to identify and quantify these surpluses, as a way to maintain long-term sustainability. In Argentina, some studies show nutrient imbalances with impact on the water and soil environment because the continuous incorporation of fertilizers and concentrated food in productive dairy systems, with changes in feeding practices. The aim of this paper is to assess the environmental condition of dairy farms with different intensification levels located in the West Dairy Region in the province of Buenos Aires, according to the behavior of N, P, K, Ca and Mg management indicators at farm scale. Average balances have been estimated for N=200,0, P=22,1, Ca=17,5, K=15,5 and Mg=9,8, all expressed in kg/ha/year, which resulted similar for N and P, and superior for Ca, K and Mg to some research works in the same region. The balance values of all the studied nutrients are associated with the intensification, measured as the energy amount

entering in food acquired out of the farm (GE/ha/year). Nutrients use efficiencies indicators are not related with each other, that is, one may be very efficient when used separately but not with the rest, showing the difficulty of an integrated management. Mineral balances are higher than those estimated in previous studies, but the absence of fertilizers with these minerals in our farm could generate some deficiencies. An example is Ca which has a negative balance in one of the studied farms. In summary, the intensification of dairy farms in the Pampa region has led to an increase in nutrient surpluses at farm scale. This nutrient and mineral surpluses may cause problems if they are not properly distributed in those farm places from where they were taken, for example, a pastured field. On the other hand, the increase of external food proportion in the total ration leads to the necessity of setting up areas in which feed can be supplied. If these areas (pens or corrals) are not adequately planned, they will contribute to soil and water pollution, especially N and P.

Key words: Nutrients – Dairy Production – Environmental Management

INTRODUCCIÓN

La Cumbre del Milenio (U.N. Nueva York 2000; Giuffre *et al.*, 2008) acordó dar respuesta para el año 2015 a algunos desafíos cruciales del siglo XXI, uno de los cuales es la sostenibilidad del medio ambiente. La producción agropecuaria global está comprendida en este desafío. La producción de alimentos debe satisfacer una mayor demanda por una población creciente, y, como consecuencia, se incrementa la intensificación de las actividades agrícolas y ganaderas con la necesidad de incorporar prácticas amigables con el medio ambiente.

Desde hace más de 15 años y tomando como referencia el estudio de la FAO "Agricultura Global hacia el año 2010" (FAO 1995) algunos autores predicen cambios importantes en la demanda de alimentos a nivel mundial, especialmente de los alimentos de origen animal (carne, leche y huevos) en los países en desarrollo (Upton, 1997). En general el crecimiento de la oferta de productos pecuarios ha acompañado el aumento de la demanda. Sin embargo se observa que, desde hace algunos años se han modificado las formas de producción. Principalmente se puede señalar la sustitución de parte de la ración que era provista por el pastoreo de forrajes por el uso de granos y suplementos (por ejemplo silajes) en la alimentación del ganado. A escala mundial el 38% de los granos se utilizaron en 1990 para alimentar al ganado y en EEUU esa cifra llegó al 70%. Actualmente el 33% de la superficie destinada a cultivos agrícolas en el mundo produce granos para alimentar al ganado (FAO-LEAD 2006).

Según Upton (1997) sería erróneo suponer que la intensificación de la producción ganadera está asociada al nivel económico de las naciones, ya que un amplio espectro de estos problemas aparecen tanto en los países desarrollados como en los en vías de desarrollo. En los países desarrollados son frecuentes los problemas de las presiones de la ganadería sobre el medio ambiente. Estos problemas surgen por la necesidad de eliminar sus residuos, por la importación de todo el alimento consumido por el ganado que hace que se trasladen sus nutrientes desde otros establecimientos, como lo que ocurre en los Países Bajos. En estos países ocurre, por un lado, la disminución de la

tendencia en el crecimiento de la demanda de productos pecuarios, como consecuencia de poco o ningún aumento de la población humana, y por otro, la preocupación creciente del público consumidor sobre los efectos en la salud, por el consumo de productos animales impulsando dietas de bajo colesterol, vegetarianas y alimentos orgánicos. A esta situación se agrega la preocupación por el bienestar animal en los sistemas intensivos. (Fraser, 2001; TeVelde *et al.*, 2002). En la UE se observa una concientización creciente sobre aquellos problemas ambientales que se generan por la intensificación ganadera y por ello aparecen reglamentaciones que afectan a los productores ganaderos. Algunos ejemplos importantes son el número máximo de animales por unidad productiva, como se controla y gestiona la disposición del estiércol generado y, como se negocian cuotas de estiércol en los sitios donde ingresa gran parte del alimento consumido por el ganado (Upton, 1997; Menzi 2002).

En los países en desarrollo existen otros problemas, como por ejemplo la expansión de las fronteras agropecuarias en zonas marginales y la producción periurbana. En este contexto los aspectos medioambientales de la ganadería extensiva y en proceso de intensificación no han sido una prioridad, y sí lo ha sido, la prioridad de producción de mayor cantidad de alimentos y, en los últimos años, la calidad. Algunas de las reglamentaciones ambientales de los países desarrollados impactan en los países en desarrollo, vinculado con la exportación de productos alimentarios. Un ejemplo de este caso es la normativa de uso de agua de calidad potable en la higiene de máquinas de ordeñar impuesta por normativa de la UE desde hace muchos años y que es utilizada en los tambos de la Argentina, en los cuales su leche (o sus productos) se exportan a países de la UE (Herrero y Gil, 2008).

La situación descrita ha llevado a varios países industrializados a definir normativas que tiendan a reducir los efectos ambientales de la producción animal intensiva (Morse, 1995; Birshallet *et al.*, 2008), tanto mediante controles como con incentivos (Oenema *et al.*, 2003). Entre ellas se encuentran algunos ejemplos de normativas existentes en la Unión Europea: 1) Las que limitan distintos tipos de

emisiones y contaminantes (UNECE Gottenburg protocol (1999), EU National Emissions Directive 2001-81-EC, Integrated Pollution Prevention Control, 2) las que limitan el número de animales por superficie en relación a la calidad y manejo del agua (Council Directive 91/676/CEE 12-12-91) y 3) las referidas al manejo de los efluentes generados en las explotaciones (Council Directive 91/156/CEE 18-3-91).

Se ha determinado que en EEUU se producen por año, 133 millones de ton de excretas (base materia seca), provenientes de la producción animal, representando 13 veces más de la que deben manejar los sistemas sanitarios urbanos y rurales, (Burkholder *et al.*, 2007). Estos residuos poseen nutrientes en exceso que pueden pasar al ambiente por distintas razones: lagunas mal construidas, derrames y/o desbordes luego de lluvias intensas, pérdidas por escorrentía en caso que se aplique sobre cultivos, etc. La magnitud y dirección del transporte dependerá de las propiedades del suelo, las propiedades de los contaminantes, las prácticas utilizadas en los cultivos y todo esto afectado por las condiciones climáticas predominantes. (Herrero y Gil, 2008). El contenido de nutrientes de los residuos es un aspecto deseable para su utilización como abono de suelos, pero la aplicación en dosis excesivas puede generar sobrecarga de N y P, de micronutrientes y de metales pesados (Cu, Zn) presentes en los núcleos minerales de los alimentos, generando la contaminación de suelos y agua (Herrero y Gil, 2008). Otros contaminantes registrados son los pesticidas, hormonas y antibióticos de uso veterinario (Burkholder *et al.*, 2007). Las aplicaciones de estiércol en suelos saturados genera escorrentía y en suelos permeables lixiviación hacia acuíferos vulnerables, aun a las dosis recomendadas. Se pueden mencionar algunos ejemplos en los trabajos de Westermann *et al.*, (1995), quienes encontraron 3,6 mg/L de NO₃ en la escorrentía superficial de un lote que recibió efluentes de cerdos en dosis recomendadas, y en el de Stone *et al.*, (1995) que midieron 0,7 – 1,3 mg/L de P en un arroyo junto al lote en el cual se aplicaron efluentes.

La intensificación de los sistemas productivos parece ser un camino irreversible en los países con capacidad agro-exportadora. El impacto de esa intensificación ya se manifiesta en diversas regiones del mundo. Y puede proyectarse a distintos niveles de escala geográfica. Es relativamente fácil observar problemas a escala muy local, por ejemplo potrero o establecimiento, con posibilidades de resolución, y más difícil observar, medir, resolver a nivel de sistemas productivos, de regiones, ecosistemas o como problemas globales que afectan a escala mundial como son las emisiones. En Argentina, crece la preocupación por la contaminación de suelos y aguas debido a excesos de N, P y K generados a partir de la intensificación en la producción de cerdos, aves, carne y leche. (Viglizzo y Roberto, 1997; Basso y Herrero, 2008; Herrero y Thiel, 2009).

El manejo de nutrientes es una temática que ha adquirido reciente interés, incentivada como forma de disminuir la contaminación con N y P en los sistemas ganaderos de leche y carne. Watson y Atkinson (1999) estudiaron la gestión de los nutrientes en diferentes establecimientos orgánicos de EEUU, destacando que el N, en general, produce excedentes de 83,2 kg de N/ha/año con gran diversidad en la eficiencia de uso, esta última representada por la relación N egresado/ N ingresado. Estos autores observaron eficiencias de 0,9 en sistemas agrícolas y de 0,2 en sistemas de producción de carne. En la Argentina, en los incipientes estudios realizados en sistemas lecheros, se obtuvieron valores en tambos para N de entre 0,17 a 0,35, y para P de entre 0,17 a 0,27, dependiendo del tamaño del establecimiento (Herrero *et al.*, 2006a).

Es importante conocer los excedentes de nutrientes y cuantificarlos como medida para mantener la sustentabilidad de los sistemas en el largo plazo. Para hacerlo, se utiliza frecuentemente un indicador que se denomina “Balance de Nutrientes” y que funciona como un método contable simple, donde se registran todas las entradas y salidas definidas sobre un sistema productivo en un período de tiempo determinado. El balance se calcula como la masa del nutriente en los insumos que

ingresan al sistema, descontando los nutrientes en los productos que egresan del sistema y los cambios en el almacenamiento. Como se puede observar, expresan en realidad el “desbalance” que permanece en algún compartimento del sistema productivo (Koelsh y Lesoing, 1999). Hay diferentes tipos de balance que se diferencian básicamente según donde se determinen los límites del sistema considerado, en los flujos internos que se consideran que dependen de la escala de análisis y en las entradas y salidas que se registran, por ejemplo: con o sin fijación biológica de N por las leguminosas como ingreso, y emisiones al aire de gases de efecto invernadero, escurrimiento por erosión y lixiviación al agua subterránea como egresos. Los balances se utilizan en función de la finalidad, es decir cuál sería el interrogante según cada nutriente analizado. Los balances de nutrientes permiten comprender la dinámica del elemento estudiado, conocer su potencial para ser retenidos y ciclados dentro del propio sistema, estimando la magnitud del costo ambiental (riesgo de contaminación y de transferencia de dichos nutrientes fuera del sistema) y económico. Además, si son calculados para sectores determinados dentro del predio, permiten estimar la transferencia de cada nutrientes evaluado entre diferentes sectores dentro del mismo predio, por ejemplo desde potreros en los cuales pastorean los animales hacia instalaciones, como las de ordeño en el caso de vacas lecheras en producción, identificando, en este caso, flujos internos (Herrero *et al.*, 2006b). Los resultados de algunos trabajos experimentales demuestran que la incorporación continua de alimentos concentrados y fertilizantes al sistema provoca una acumulación de nutrientes en el largo plazo (Viglizzo y Roberto, 1997).

En la Argentina, la excesiva cantidad de residuos animales de la ganadería intensiva es el resultado de dos factores, por un lado la alta carga animal por unidad de superficie y, por otro lado, la excesiva cantidad de algunos nutrientes suministrada en los alimentos (granos y balanceados), muchas veces mayor a los requerimientos de los animales (Orlando *et al.*, 2008; Buron *et al.*, 2009). Teniendo en cuenta que la relación de los nutrientes es diferente según los alimentos utilizados y los productos obtenidos (carne, leche), estos desbalances resultan las principales fuentes de

pérdidas que contaminan el ambiente (Tamminga, 1996). Considerando la alimentación en la actividad lechera de la República Argentina, Chomicz y Gambuzzi (2007) determinaron que el consumo diario promedio de materia seca (MS) es de 17,9 kg/vaca en ordeño/día. Cuando desglosan según los distintos alimentos que componen la ración, observan que el 57% es aportado por el pastoreo directo. Este valor resultó un 9% menor que los valores obtenidos en años anteriores donde el aporte del forraje en pastoreo directo representaba el 66% de la ración. Los autores evaluaron que el reemplazo del pastoreo de forraje se realizó a expensas de un aumento del consumo del silaje que hoy representa un 17% de la ración y de concentrados que llegan al 27% de la ración. También señalan que uno de los cambios más significativos se produjo en la manera en que se alimenta a las vacas lecheras, donde el silaje está presente en todos los tambos la mayor parte del año y, además, se ha incrementado el consumo promedio de concentrados de 4,5 kg de MS /Vaca en ordeño/día. Este último valor se incrementó en un 18%, ya que 10 años atrás (2001-2004), se utilizaban en promedio 3,8 kg de MS /Vaca en ordeño /día. Entre los concentrados, el más utilizado es el balanceado comercial (47%), seguido del maíz (28%) y por el afrechillo de trigo (12%). Como consecuencia la productividad también experimentó cambios ya que los litros producidos por ha dedicada a tambo aumentaron en un 24,7%, al igual que la producción individual, la cual se incrementó un 15,2%, pasando de 15,1 a 17,4 litros /VO /día. Si bien este trabajo se realizó hace 7 años, se puede decir que las tendencias observadas en grupos de productores lecheros pertenecientes al programa Cambio Rural de INTA en la región Oeste de Buenos Aires se mantienen.

En algunos trabajos realizados para las cuencas de Buenos Aires se ha evaluado, en forma preliminar, el impacto de las prácticas referidas a la intensificación del sistema de producción en los balances de N y P. En ellos se muestra que la alimentación tiene una influencia importante en el “desbalance” de nutrientes a escala de predio (Begaries, 2008; Herrero *et al.*, 2009; Carbó, 2011).

De acuerdo a la situación descripta y en el interés de profundizar en la evaluación de otras regiones productoras de leche en la Argentina, se plantearon los objetivos para este trabajo de coronamiento a ser realizados en la cuenca lechera Oeste de la Provincia de Buenos Aires.

Por otra parte, se propone además, aportar información local al Programa Nacional Leche de INTA, institución en la cual desarrollo mi trabajo profesional.

OBJETIVOS

El objetivo general fue evaluar la condición ambiental de predios lecheros con diferentes niveles de intensificación localizados en la Cuenca Lechera Oeste de la Provincia de Buenos Aires, según el comportamiento de indicadores de manejo de nutrientes.

Para lo cual se pretendió:

- Evaluar el manejo de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), mediante la aplicación de sus balances e indicadores de eficiencia de uso a escala predial y analizar e interpretar la relación existente entre éstos indicadores de manejo de nutrientes con la intensificación de los sistemas de producción en estos predios.
- Proporcionar herramientas a profesionales, técnicos y productores para abordar la problemática ambiental dentro de un sistema de gestión, mediante las prácticas de manejo de nutrientes en el contexto de los procesos de intensificación determinados en estos predios.

MATERIALES Y MÉTODOS

1) Selección de la zona de estudio

Se seleccionó la Cuenca Oeste de la provincia de Buenos Aires, por ser la zona de mayor producción de la provincia (58% de producción de leche provincial) y porque los procesos de intensificación de la producción primaria se han comenzado a instalar desde hace varios años en los predios lecheros. La cuenca comprende 13 partidos (Figura 1) en los cuales se hallaban, al 2007, un total de 816 tambos, siendo ésta la última estadística oficial disponible. La producción de leche total promedio diaria de la cuenca se estimaba para el 2007 en 2.988.444 L/día (Ministerio de Asuntos Agrarios Bs. As., 2007).

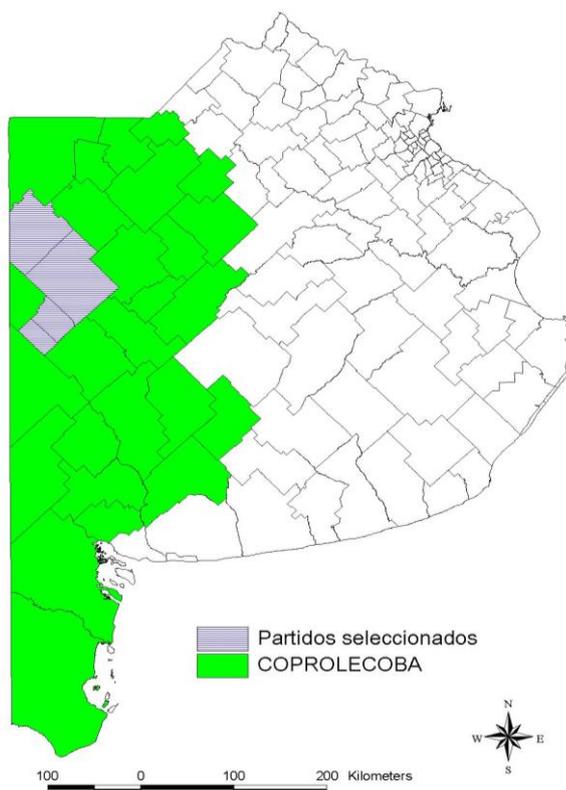


Figura 1: Localización de la Cuenca Oeste de la Provincia de Buenos Aires (denominada COPROLECOBA) elaboración propia.

Según otros estudios realizados por la Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (información no publicada, 2010) los tambos en esta región se distribuían en pequeños y chicos = 293 (46%) con una producción de leche de hasta 1780 L/día; medianos = 114 (18%) con producción desde 1780 a 2968 L/día; grandes =

216 (34%) y producción entre 2968 y 10.000 L /día y 18 establecimientos (3%) son considerados megatambos, con una producción de más de 10.000 L / día.

Respecto al comportamiento de los procesos de intensificación de estos sistemas de producción se observa que poseen, en general, una tendencia similar a otras áreas de la región pampeana. Estas tendencias muestran una disminución importante en el consumo de materia seca (MS) proveniente del pastoreo directo de forraje con incremento del consumo de silaje y concentrados, tendencias similares al promedio del país (Chimicz y Gambuzzi, 2007).

2) Selección de los establecimientos

Dentro de esta cuenca la zona de estudio comprendió establecimientos lecheros ubicados en los partidos de Trenque Lauquen, Rivadavia, Tres Lomas y Salliqueló.

Se seleccionaron 11 establecimientos lecheros, dentro del estrato de producción de los denominados “tambos grandes y megatambos” (ONCCA, 2010 información no publicada) porque son aquellos que tienen una participación importante en la producción lechera de la zona (37%) y porque además son los que están realizando cambios en sus sistemas productivos hacia la intensificación de la alimentación. Por otra parte se seleccionaron en la medida en que pertenecieran a grupos CREA y Cambio Rural, a partir de una evaluación previa para asegurar que los predios cuenten con diferentes sistemas de alimentación y con registros confiables que permitan obtener la información necesaria; así como también cubrir la mayor parte del área de trabajo de la AER INTA Trenque Lauquen. (Figura 2).

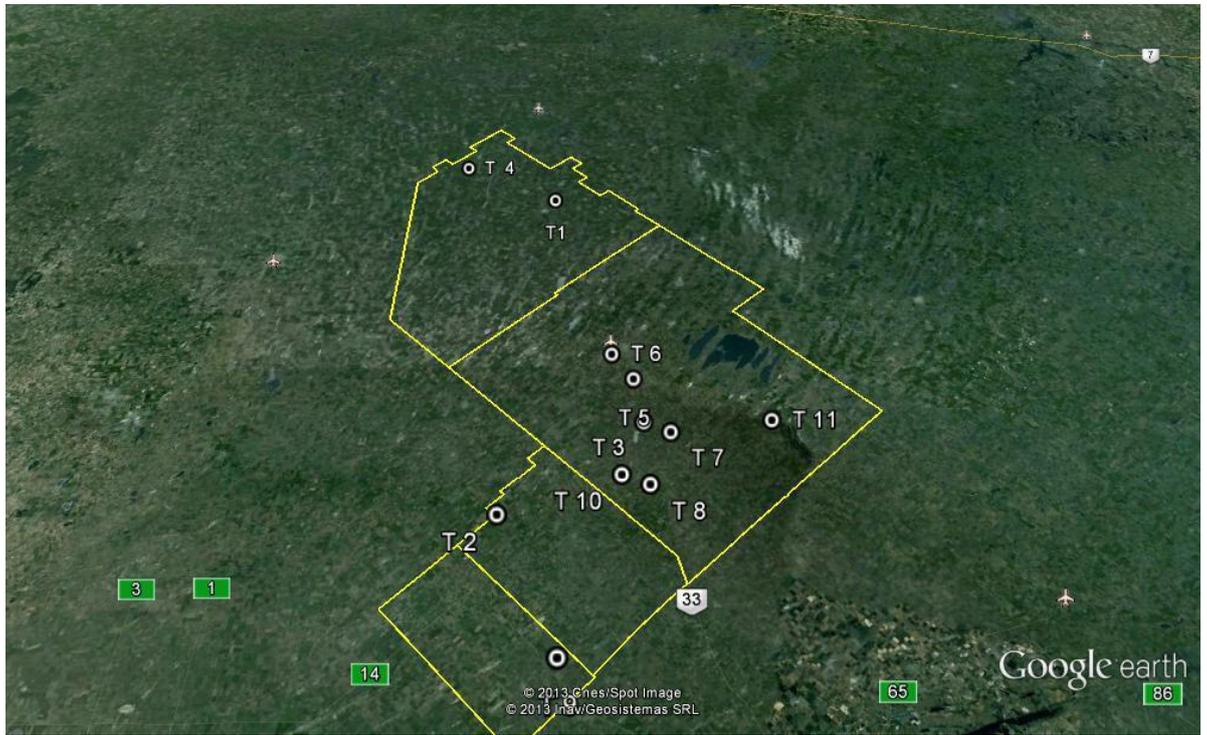


Figura 2: Ubicación de los 11 establecimientos lecheros relevados en este estudio

3) Recopilación de la información

Para recopilar la información productiva básica, que permitió el cálculo de los indicadores, se utilizaron encuestas que se aplicaron en entrevistas con los dueños y/o responsables de los establecimientos. Las encuestas se adaptaron en base a las utilizadas en otros trabajos en la región, con el objetivo de recabar la mayor información posible para el período de un año (Herrero *et al.*, 2006a; Begaries, 2008).

Se decidió incorporar, a la superficie total del predio, la de los lotes en arrendamiento permanente. Esta decisión se tomó porque estos lotes permiten sostener un planteo productivo estable. En aquellos predios en los cuales se agregaba superficie que cambiaba de año en año, se consideraron como ingreso externo de nutrientes porque no se consideraron anexados al predio.

Para considerar el número de animales (vaca en ordeño (VO); vaca seca (VS) y vaca total (VT)) se indicó el promedio entre la existencia inicial y final del ejercicio. Para este estudio y dada la complejidad de los sistemas de cría y recría, donde en la mayoría de las veces se realiza fuera del predio, no se tuvo en cuenta la recría, es decir se consideró la salida de nutrientes en la salida de los terneros y terneras que se venden luego de finalizar el período de “guachera”. Para tener en cuenta la entrada de nutrientes en animales que ingresan se consideró a las terneras recriadas que se reincorporan como vaquillonas a parir.

4) Selección y cálculo de los indicadores

Los indicadores seleccionados para evaluar el uso y manejo de nutrientes fueron:

a) **Balances prediales de nutrientes** e indicadores de eficiencia asociados: Se focalizó como unidad de análisis de los balances al predio. Los balances se calcularon a partir de la diferencia entre ingresos y egresos cuantificables de cada mineral en cada establecimiento estudiado. El valor obtenido permitió conocer el potencial de dichos nutrientes para ser retenidos y ciclados dentro del propio sistema (Watson y Atkinson, 1999; Spears et al., 2003, Herrero et al., 2006(a)). Las vías de ingreso de N que se consideraron fueron: precipitaciones, fertilizantes, fijación biológica por leguminosas y alimentos ingresados desde fuera del establecimiento para consumo de los animales e ingreso de nutrientes por compra de animales; y para el caso del P, K, Ca y Mg se consideraron los fertilizantes, alimentos y animales ingresados desde fuera del predio (Atkinson y Watson, 1996; Viglizzo y otros, 2002). La fijación biológica de N₂ de la alfalfa, y sus mezclas forrajeras, se estimó mediante la multiplicación de la concentración de N de la de biomasa total por 0,6, este cálculo permite estimar una aproximación del potencial de fijación del recurso (Heichel et al., 1984; Bacon et al., 1990; Klausner, 1993; Dou et al., 1998; Herrero et al., 2006(c)). Para el caso del contenido de N en las precipitaciones fueron considerados los valores aportados por el Software Agroecoindex® (Viglizzo,

2002). Los valores bibliográficos de referencia y de información propia sobre contenido de nutrientes para alimentos se expresaron sobre la base de materia seca (Viglizzo, 2002, Guaita y Fernández, 2005, Jaurena y Danelón, 2006, INTA 2008). La vía de egreso considerada provino de la estimación del contenido de los nutrientes exportados con los productos del establecimiento (leche, carne, granos) según valores de bibliografía (Viglizzo et al., 2002; Herrero et al., 2006(b)). Tanto los ingresos como los egresos se calcularon en base anual para el total del establecimiento, expresados en kg/ha/año.

b) Se utilizó el **Indicador de Uso de Nutrientes (IUN%)**, calculado como $[(\text{balance de nutriente}/\text{ingresos del mismo nutriente}) \times 100]$, que permite evaluar las ineficiencias del sistema (Herrero *et al.*, 2006a; Burón *et al.*, 2009), y el **Indicador de eficiencia de uso de nutrientes (EUN%)**, calculado como $[(\text{egreso de nutriente}/\text{ingresos del mismo nutriente}) \times 100]$.

Estos indicadores están estrechamente relacionados, se podría decir que el IUN% representa $1 - \text{EUN\%}$ mostrando ineficiencias o eficiencias del sistema

c) La forma de cuantificar la intensificación se estableció a partir de cuál es la cantidad de **alimentos que ingresan desde fuera del predio** para la alimentación de las vacas en ordeño. Se utilizó el indicador denominado Equivalente Grano expresado por hectárea en base anual (EG/ha/año) (AACREA 1988). El EG es un indicador que permite expresar en raciones, porque unifica en energía metabolizable, a la cantidad de un alimento (por ejemplo: balanceados y suplementos) mediante la relación $1 \text{ EG} = 1 \text{ ración} = 18,56 \text{ Mcal EM}$. Además se evaluó la composición de la ración total por vaca en ordeño para determinar la proporción que ocupan en la dieta el silaje, los concentrados y el forraje de pastoreo.

d) En el caso de **Ca, Mg y K**, donde se presume que todo el mineral ingresado lo hace por los alimentos que entran al predio, ya que no es común que ingresen

por fertilizantes, se utilizaron además de los **balances prediales** otro indicador. Este indicador utilizado permite evaluar **en qué medida se cubren los requerimientos de minerales de las vacas en producción con los minerales contenidos en los alimentos externos** (Gustafson *et al.*, 2003; Herrero *et al.*, 2010, 2011). Fueron calculados según la siguiente ecuación: $R_{Ce} (\%) (Ca-Mg-K) = [Ca-Mg-K \text{ ingresado (g/VO/día)} / Ca-Mg-K \text{ requerido (g/VO/día)}] \times 100$. Los contenidos de Ca-Mg-K en alimentos fueron considerados de datos propios (análisis de alimentos disponibles de estudios previos) y de tablas locales publicadas (Guaita y Fernández, 2005, Jaurena y Danelón, 2006, INTA 2008). Los requerimientos de los animales se estimaron según su nivel de producción por tablas internacionales (NRC, 2001).

5) Análisis de resultados

Se analizaron los resultados obtenidos mostrándose todos los valores para cada predio. Se calcularon los promedios y desvíos estándar, así como las medianas y rangos. Se evaluaron los resultados de los balances e indicadores de eficiencia (IUN, EUN y $R_{Ce} (\%)$) en relación con distintos factores que pueden afectar la magnitud de los mismos, como ser: tamaño de predio, tamaño de rodeo (número de vacas ordeño, carga animal), productividad, expresada en litros de leche/VO /día, y composición de la ración, según alimentos que ingresan al predio (EG/ha/año). Se avaluó por prueba de Shapiro-Wilks si la distribución de todas las variables analizadas era normal. Se aplicó el test de Correlación de Spearman para determinar la asociación entre variables. En todos los casos el nivel de significancia fue $\alpha=0,05$. Se evaluó una regresión lineal simple a fin de investigar la relación funcional entre los balances de N y P.

Los predios se agruparon según el porcentaje de balanceado que compone la ración que ingresó al predio para suplementar la alimentación de las vacas en ordeño. Se consideraron dos grupos de predios. El grupo 1 correspondió a aquellos predios que utilizaban un porcentaje de balanceado \geq al 50% del total de la ración y el grupo 2 correspondió a aquellos predios que utilizaban un porcentaje de balanceado $<$ al 50% del total de la ración ingresada. En ambos grupos se consideraron los requerimientos

Ca, K y Mg del rodeo en producción, según la productividad de cada rodeo en cada grupo, y cuanto de esos requerimientos eran cubiertos por el total de la ración ingresada (Indicador RCe%). Además se consideró el aporte mineral del alimento balanceado a esa ración tanto para Ca como para K y Mg. Se analizaron mediante ANOVA y comparaciones de medias mediante el test de Tukey, tanto el porcentaje de requerimientos de cada mineral cubiertos por esta ración externa (RCeCa, RCeK y RCeMg), como los aportes de Ca, K y Mg por parte de los componentes de ésta ración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1) Descripción de los establecimientos

Los establecimientos estudiados muestran una gran diversidad respecto de la superficie, número de vacas en ordeño, carga y producción de leche, siendo representativos de sistemas existentes en la cuenca oeste (MAA, 2007) (Cuadro 1).

Tienen en común un sistema de producción de base pastoril, sobre pasturas base alfalfa/verdeos de invierno que aporta 5 a 12 kg MS por vaca en ordeño (VO), representando entre el 21 y el 50% de la ración y 5 a 10 kg MS/VO de silo de Maíz, que a su vez representa entre el 5 y el 42% de la ración. Además se agregan a esta ración total distintos niveles de concentrados o balanceados.

Cuadro 1: Caracterización productiva de los 11 tambos analizados

Indicador	Promedio \pm Desvío estándar
Superficie (ha)	338,4 \pm 252,2
Número de vacas en ordeño (VO)	290,2 \pm 260,6
Producción diaria (L/VO/día)	23,7 \pm 4,1
Producción anual (L/ha/año)	2.566.249 \pm 2.488.242
Carga (NºVO/ha)	0,9 \pm 0,34
EG (EG/ha/año)	2.951 \pm 1.598

Referencias: VO = Vaca ordeño, EG = Equivalente grano

La estrategia de suplementación también muestra gran variedad de modalidades, tanto por los componentes utilizados, como por la participación porcentual en la ración total. Los tipos de alimento utilizados, en 10 de los 11 tambos, son básicamente balanceados de distinto nivel de proteína, en 9 de 11 utilizan además expeller/extrusado de soja, en 4 de 11 agregan pellet de girasol y en otros 4 agregan afrechillo de trigo.

En cuanto a la participación porcentual en la ración suministrada como suplemento y que es ingresada a los predios se observó que se utilizan balanceados en una proporción variable que va desde el 0% al 100 % del total de la suplementación, subproductos de soja desde el 7 al 41%, pellets de girasol desde el 18 al 37% y afrechillo de trigo desde el 8 al 30%, expresados en base al contenido de MS. Al compararlo con el uso relativo de concentrados para la misma cuenca evaluado por los autores Chomicz y Gambuzzi (2007), se observó que el balanceado ocupaba el primer lugar con 38%, en segundo lugar el afrechillo de trigo 25% y en tercer lugar el grano de maíz 23%. En los 11 tambos analizados en esta oportunidad se observan diferencias ya que el balanceado participa en promedio con el 53%, el segundo lugar lo ocupan los subproductos de soja y/o girasol, desplazando al afrechillo y al grano de maíz.

El nivel de intensificación, expresado como la cantidad de alimento ingresado para suplementar la alimentación del rodeo en producción y expresada en equivalentes grano por litro de leche y por día fue, en promedio de 0,37 EG/litro/día para los 11 tambos. Para 6 de los 11 tambos se hallaron valores superiores a este promedio comprendidos entre 0,4 y 0,5 EG/litro/día y para 4 de los 11 tambos se hallaron valores inferiores a la media próximos a 0,2, siendo los predios con mayor proporción de forraje en pastoreo (Figura 3).

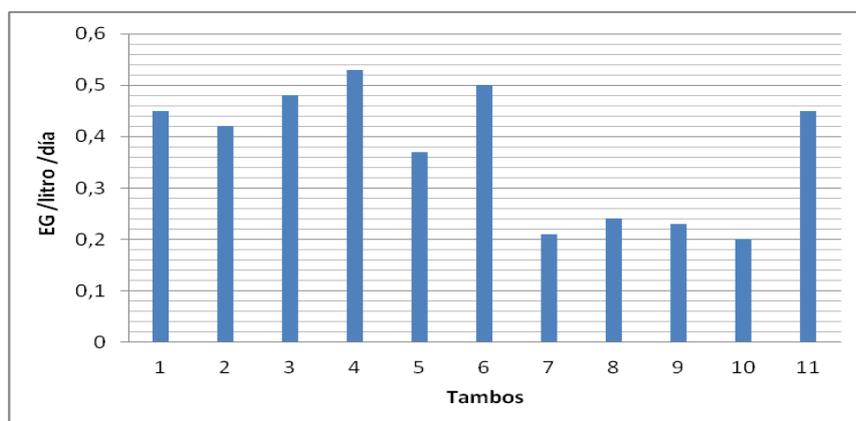


Figura 3: Cantidad de alimento ingresado a cada predio y expresada como EG /litro/día.

La intensificación expresada como EG/ha/año también muestra una amplia dispersión, siendo el valor promedio (\pm desvío estándar) de 2951 ± 1598 , con una mediana de 2836,2 y un rango de 54,2 - 5162,8. Estos valores resultaron mayores a los obtenidos por Herrero *et al* (2009) para tambos de las cuencas de Abasto 1941 ± 1520 en la cual los sistemas tenían mayor participación pastoril. En la Figura 4 se muestran los valores para todos los tambos. Se observó una asociación positiva (Spearman $p < 0,05$) entre los EG/ha/año y la producción anual de leche (L/ha/año), (R_s 0,73) y no se observó asociación entre los valores de EG/ha/año con el número de vacas (ni en ordeño ni totales), ni con la superficie, ni con la carga animal (Spearman $p > 0,05$). Estos resultados muestran que la intensificación, expresada como los EG que ingresan como suplementos al predio y expresados por unidad de superficie, responden a cuestiones más complejas y probablemente vinculadas a otros aspectos de manejo en los predios.

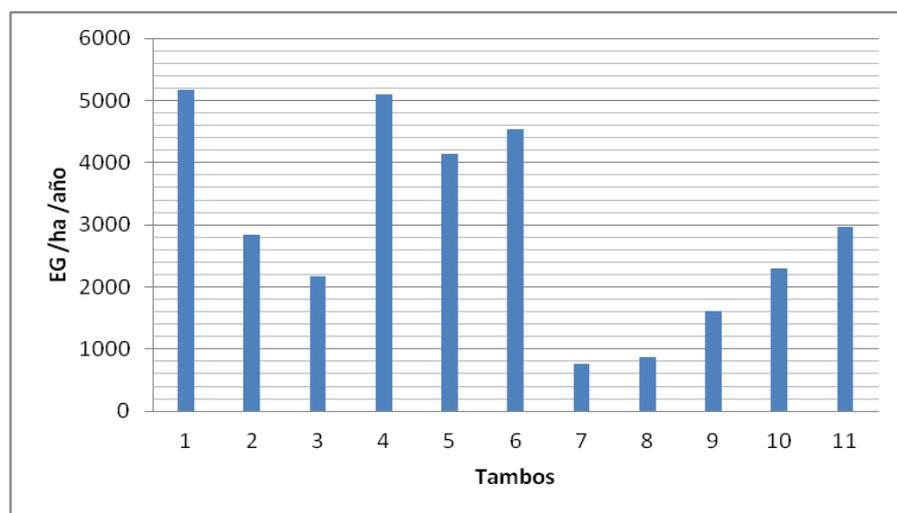


Figura 4: Cantidad de alimento ingresado al predio como suplemento y expresada como EG/ ha /año.

Se observa una tendencia similar entre los EG/ha/año y los EG/L/día de acuerdo a que el ingreso de parte de la ración como suplementos externos al predio es un factor importante en la producción de leche en estos sistemas pastoriles en proceso de intensificación.

2) Indicadores de manejo de nutrientes (N y P)

2.1 Nitrógeno

2.1.1 Balance predial

Los resultados de los balances prediales de N se muestran en el Cuadro 2 donde se observa que todos los valores son positivos, es decir que el ingreso de N superó al egreso, generando un desbalance en exceso. Los valores de los balances de N fueron en promedio de $200,0 \pm 96,2$ kg N/ha/año, con una mediana de 202,7 y un rango de 54,4 a 338,5 kg N/ha/año.

Cuadro 2: Características generales de los predios, balances prediales de N, ingresos, egresos en kg/ha/año y en % de participación e indicadores de uso IUN% y eficiencia EUN N%.

Tambo N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
SUPERFICIE (ha)	160	700	325	136	801	127	150	345	250	100	617	
N° VO	198	442	175	136	888	141	82	152	171	150	657	
PRODUCCIÓN (L/VO/d)	25,4	29,3	23,0	26,4	27,7	22,4	18,0	22,4	28,0	21,0	17,0	
EG/L/día	0,45	0,42	0,48	0,53	0,37	0,5	0,21	0,24	0,23	0,2	0,45	
EG/ha/año	5162,8	2836,2	2169,8	5107,1	4147,2	4538,6	754,2	864,5	1607,8	2299,5	2973,3	
(Kg/ha/año)												%
INGRESOS TOTALES	381,1	375,2	189,2	308,0	325,4	302,8	78,2	74,2	168,9	264,5	192,2	
LLUVIA	6	5,4	6	5,4	4,8	6	6	4,8	4,8	4,7	4,8	3,0
FERTILIZANTES	48,3	62,3	29,4	40,1	85	20,2	8,2	7,6	59,5	6,6	17,3	14,
ALIMENTOS	206,5	112,4	79	181	185,9	158	24	29,4	64,5	89	89,4	44
FBN	120	195	74,6	81	49,4	118,1	38,3	32,4	40	164	80,6	39
ANIMALES	0,4	0,1	0,1	0,5	0,2	0,6	1,7	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3
SALIDAS TOTALES												
LECHE	63,7	36,7	24,7	50,3	60,8	47,7	18,9	19,9	36,1	61,9	38,8	
ANIMALES	56,8	33,4	22,4	47,7	55,5	44,9	17,8	17,8	34,6	57,4	32,7	92
BALANCE N												
	317,4	338,5	164,5	257,7	264,6	255,1	59,3	54,3	132,8	202,7	153,4	
INDICADORES DE EFICIENCIA DE USO (%)												
IUN N	83,3	90,2	86,9	83,7	81,3	84,3	75,8	73,1	78,6	76,6	79,8	
EUN N	16,7	9,8	13,1	16,3	18,7	15,7	24,2	26,9	21,4	23,4	20,2	

Referencias: FBN: fijación biológica de Nitrógeno. V.O: vacas en ordeño.

Los **balances prediales de N** resultan similares a los hallados en tambos en Irlanda por Ryan *et al.* (2011) dado que calcularon 234 kg/ha/año, con escasa variación entre tambos y también resultaron similares a los estimados para tambos de Dinamarca por Halberg (1999) cuyos resultados mostraron balances de entre 89 a 223 kg/ha/año. Sin embargo, resultaron menores a los calculados en Australia por Gourley *et al.* (2011 y 2012) donde, si bien el promedio (193 kg/ha/año) resulta similar a los hallados en nuestro estudio, mas del 60% de los tambos superaron los 200 kg/ha/año con un rango de 47 a 600 kg N/ha/año.

Para el caso de estudios realizados localmente, en otras cuencas de la misma provincia, se observan valores mayores a los hallados por Herrero *et al.*(2006a) con valores promedio de 83 kg N/ha/año con un rango de 19 a 138 kg/ha/año y fueron similares para los rangos hallados por Carbó (2011) para diversas cuencas lecheras donde el promedio fue de 121 kg de N/ha/año con un rango de 34,9 a 333 kg N/ha/año.

Se analizó la posible asociación entre los valores de los balances de N con el tamaño de las explotaciones, tanto referido a su superficie como al número de animales, no encontrándose relación entre estas variables (Test de correlación de Spearman, $p > 0,05$). Tampoco se encontró asociación entre los valores de los balances de N con la producción diaria expresada en litros/VO/d (Test de correlación de Spearman, $p > 0,05$). Estos resultados son similares a los encontrados por Begaries (2008) en tambos ubicados en el sur de Buenos Aires. Se observa que resulta importante considerar el manejo global del establecimiento, en donde es fundamental la producción de leche que deriva de la proporción de forrajes por pastoreo y de la alimentación por el uso de reservas propias. Además, se incluye en los balances prediales las eficiencias que se producen en los subsistemas, como por ejemplo el crecimiento del forraje en respuesta a la efectividad del uso de fertilizantes y a la fijación biológica en pasturas con leguminosas, todos aspectos que influyen en la producción de leche.

Respecto de los **ingresos de N**, se observa que en promedio totalizan los 241,8 \pm 108,7 kg N/ha/año). Este valor está compuesto por el ingreso de N en alimentos (110,8 \pm 63,4 kg N/ha/año) que representa en promedio el 43% de los ingresos de N al predio, por fijación biológica (FBN) proveniente de las leguminosas de las pasturas (90,3 \pm 53,7 kg/ha/año) que representa en promedio el 39% de los ingresos, por los fertilizantes (34,9 \pm 26,3 kg/ha/año) que resultan el 14% de los ingresos en promedio y por el ingreso de N por lluvia (5,3 \pm 26,3 kg N/ha/año) que resulta solo el 3% y, finalmente por animales un escaso 0,3%. Estos valores son levemente superiores a los hallados para la misma cuenca por Begaries (2008) y por Carbó (2011) y similares para los obtenidos en otras cuencas (Herrero *et al.*, 2006a).

En los tambos, analizados individualmente, se observa que en 7 de ellos el principal ingreso es por alimentos externos. Por otra parte, tienen un escaso ingreso por fertilizantes nitrogenados, a pesar de que el porcentaje de la superficie total utilizada por recursos forrajeros con necesidad de ser fertilizados (verdeos de verano y de invierno y maíz para silo) se encuentra en promedio en el 32%, con un rango de 0 a 81%. Por otra parte en 4 tambos la principal fuente de ingreso resulta la fijación biológica de N. Las lluvias aportaron un 3% del ingreso, calculado en función de los registros de cada establecimiento, que se encontraban comprendidos entre 800 y 1000 mm anuales. El ingreso de N por animales en pie es poco significativo ya que sólo se considera la reposición del rodeo por las vaquillonas a parir.

Respecto a trabajos realizados en otros países se observan valores similares a los hallados por Spears *et al.*,(2003) en Utah donde el principal ingreso de N a los tambos estudiados fue la compra de alimentos con el 57,4% del total del N ingresado y en segundo lugar la FBN con el 30% del N ingresado. Se observan, en cambio, diferencias con los trabajos en Australia, principalmente por la proporción del ingreso de N con los alimentos externos y también con los fertilizantes inorgánicos, donde, el 43% de N ingresa por fertilizantes, 40% por alimentos y 16% por FBN (Gourley *et al.*, 2012).

Respecto a los **egresos de N**, éstos se producen básicamente por la producción de leche que es la principal vía de salida y representa en promedio el 91,6% del total. El promedio general es $41,8 \pm 16,5$ kg N/ha/año, siendo superior al obtenido en estudios anteriores de la misma cuenca $28,1 \pm 15,5$ (Carbó *et al.*, 2011). Las mayores producciones obtenidas en nuestro estudio $23,7$ litros/VO/día en promedio, con un rango de entre 17 y 29,3, respecto de los $19,7$ litros/VO/día en promedio, con un rango de entre 14,9 y 22,7 obtenidos por estos autores, explicarían la diferencia. Por otra parte, cuando se compara con valores obtenidos para otros países se observan valores inferiores a los reportados en Holanda por Groot *et al.*, (2006) que llegan a 60 kg N/ha/año y en Australia por Gourley *et al.*,(2011) que llegan a 58 kg/ha/año, relacionado a las menores producciones anuales de leche para los tambos analizados en nuestro estudio.

2.1.2. Indicadores de eficiencia de uso de N

El primer indicador analizado es el IUN-N% que expresa las ineficiencias generales del sistema ya que muestra el exceso de N que permanece en el establecimiento en relación con el N ingresado. En este sentido menores valores resultan en mejores eficiencias, considerándose un valor relativamente aceptable de aproximadamente 83% (Boulding y Klausnes, 2002). Los valores hallados en este análisis resultaron bastante similares entre todos los tambos $81,2 \pm 5,0\%$ donde los más eficientes llegan a 73,5% y los menos eficientes a 90,8%. Estos resultados son similares a los obtenidos para otras cuencas lecheras en la misma región (Herrero *et al.*, 2006a; Begaries, 2008).

Además se calculó el indicador EUN-N% que presentó un valor promedio de $18,8 \pm 5,1$. El EUN-N% expresa el N exportado en los productos en relación al ingresado, representando la leche el 92% del total de egresos para estos tambos. A mayores valores de EUN-N% se expresan mejores eficiencias porque una mayor parte del total de los ingresos sale del predio como producto. Para tambos en Australia (Gourley *et al.*, 2011) se obtuvieron valores de entre 14 a 50%, en la UE Raison *et al.*, (2006)

obtuvieron valores de 19 a 40%, en Irlanda Ryan *et al.*, (2011) del 34% y en EE.UU Spears *et al.*, (2003) del 36% y en Argentina valores variables pero dentro del rango de los obtenidos en este estudio (Herrero *et al.*, 2006a; Begaries 2008). La eficiencia de N se relaciona principalmente con los niveles de producción de leche y con la eficiencia para producir esa leche ya que es la principal vía de salida predial. En este estudio los bajos porcentajes de eficiencia de N tienen relación con niveles de producción de leche, que no son tan elevados.

2.2 Fósforo

2.2.1 Balance predial:

Los resultados de los balances prediales de P se muestran en el Cuadro 3. Se observa que todos los valores son positivos, es decir que el ingreso superó al egreso y el sistema productivo en su conjunto no pierde P. Los valores de los balances de P fueron en promedio de $22,1 \pm 12,3$ kg P/ha/año, con una mediana de 20,8 y rangos de 6 a 44,3 kg P/ha/año.

Cuadro 3: Características generales de los predios, balances prediales de P, ingresos, egresos en kg/ha/año y en % promedio de producción e indicadores de uso IUN% y de eficiencia EUN P%

Tambo N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
SUPERFICIE (ha)	160	700	325	136	801	127	150	345	250	100	617	
N° VO	198	442	175	136	888	141	82	152	171	150	657	
PRODUCCIÓN (L/VO/d)	25,4	29,3	23,0	26,4	27,7	22,4	18,0	22,4	28,0	21,0	17,0	
EG/L/día	0,45	0,42	0,48	0,53	0,37	0,50	0,21	0,24	0,23	0,20	0,45	
EG/ha/año	5162,8	2836,2	2169,8	5107,1	4147,2	4538,6	754,2	864,5	1607,8	2299,5	2973,3	
(Kg/ha/año)												%
INGRESOS TOTALES	43,1	37,9	17,6	41,1	55,3	37,3	12,8	13,0	27,2	17,1	23,4	
FERTILIZANTES	13,6	19,3	7,2	10,0	26,2	14,7	9,1	8,4	13,6	7,3	10,2	46,0
ALIMENTOS	29,1	18,1	10,0	30,6	27,8	22,1	3,3	4,4	13,3	9,6	12,5	52,0
ANIMALES	0,4	0,5	0,3	0,5	1,3	0,5	0,5	0,2	0,3	0,2	0,7	1,7
SALIDAS TOTALES												
LECHE	11,7	6,7	4,5	9,0	11,0	8,5	3,4	3,7	6,4	11,2	7,3	
ANIMALES	9,9	5,8	3,9	8,3	9,6	7,8	3,1	3,1	6,0	10,0	5,7	88,0
	1,8	0,9	0,6	0,7	1,4	0,7	0,3	0,6	0,4	1,2	1,6	12,0
BALANCE P	31,4	31,2	13,1	32,1	44,3	28,8	9,4	9,3	20,8	6,0	16,2	
INDICADORES DE EFICIENCIA DE USO (%)												
IUN P	73,0	82,4	74,4	78,2	80,1	77,2	73,6	71,8	76,4	34,8	69,0	
EUN P	27,0	17,6	25,6	21,8	19,9	22,8	26,4	28,2	23,6	65,2	31,0	

Referencia: V.O: Vacas en ordeño

Los **balances prediales de P** resultan similares tanto a los hallados en tambos en Suecia por Gustafson *et al.*, (2011) que calcularon 18,5 kg P/ha/año, como en tambos de Dinamarca analizados por Halberg (1999) y que reportaron en promedio 19 kg/ha/año. En el caso de Australia (Gourley *et al.*, 2012) se reportaron valores promedio de 28 kg/ha/año, valor similar a los calculados en este estudio, si bien en Australia presentaron un rango mayor, de -5 a 133 kg P/ ha/año.

Para el caso de estudios realizados localmente, en otras cuencas de la misma provincia, se observan valores similares a los hallados por Herrero *et al.* (2006a) con

valores promedio de 18 kg P/ha/año y con un rango de 0,6 a 42 kg/ha/año y a los hallados por Carbó (2011) donde el promedio también resultó de 18 kg P/ha/año con un rango de 0,8 a 44 kg/ha/año.

Se analizó, al igual que para N, la posible asociación entre los valores de los balances de P con el tamaño de las explotaciones, tanto referido a su superficie como al número de animales, no encontrándose relación entre estas variables (Test de correlación de Spearman, $p > 0,05$). Tampoco se encontró asociación entre los valores de los balances de P con la producción diaria expresada en litros/VO/d (Test de correlación de Spearman, $p > 0,05$). Estos resultados son similares a los encontrados por Begaries (2008) en tambos ubicados en el sur de Buenos Aires.

Respecto de los **ingresos de P**, se observa que en promedio totalizan los $29,6 \pm 14,2$ kg P/ha/año. Este valor está compuesto por el ingreso de P en alimentos ($16,4 \pm 9,8$ kg P/ha/año) que representa en promedio el 52% de los ingresos de P al predio, por fertilizantes ($12,7 \pm 5,8$ kg P/ha/año) que representa el 46% de los ingresos en promedio y por animales ($0,5 \pm 0,3$ kg P/ha/año) que resulta sólo el 2%. Estos valores son similares a los hallados para la misma cuenca por Carbo L (2011) $31,3 \pm 14,0$.

En los tambos analizados individualmente, se observa que en diez predios fertilizan con P en distintas formulaciones, pero con niveles semejantes de 12 kg P/ha/año (13,6 a 7,3) y uno fertiliza con niveles muy superiores, 26,2 kg P/ha/año, explicando sus altas dosis de fertilizante por el alto contenido de P de la formulación que este productor utiliza. Además, en tres de los diez el principal ingreso de P esta explicado por fertilizantes, donde se observa que dos ingresan escasa cantidad de alimento externo y además con bajo contenido de P (Expeller de soja y grano de Maíz) y en el tercero se observa que tiene altas dosis de fertilizantes de alto contenido del nutriente. Estos niveles de ingreso de P por fertilización son inferiores a los niveles de ingreso de N (32 kg/ha/año) por el mismo concepto.

Respecto a trabajos realizados en otros países se observan valores similares en el ingreso por fertilizantes hallados en Australia 47% y levemente superiores en alimentos 46% (Gouley *et al.*, 2012).

Si analizamos los establecimientos en relación a sus superficies, observamos que el estrato inferior tiene una superficie promedio de 121 has y el ingreso P por alimentos es 21 kg/ha/año (66%) mientras que por fertilizantes es 10,6 kg/ha/año (33%). En el estrato superior, promedio de 706 has, los ingresos por fertilizantes aumentan a 18,5 kg/ha/año (49%) y por alimentos permanece similar, 19,5 kg/ha/año (51%). Podemos decir que los predios de menor superficie intensifican a partir de ingresar alimentos para compensar el tamaño, mientras que los mayores ingresan alimentos, pero a su vez tratan de obtener mejores niveles de producción de los propios mediante la aplicación de fertilizantes. Estos resultados coinciden con trabajos anteriores de otras cuencas de la Argentina (Herrero *et al.*, 2006a).

Respecto de las **salidas de P**, estas se producen básicamente por la producción de leche que es la principal vía de salida y representa en promedio el 88% del total. El promedio general es $7,6 \pm 3,0$ kg P/ha/año, siendo superior a los hallados en estudios anteriores de la misma cuenca $5,0 \pm 2,8$ (Carbó, 2011). Las mayores producciones obtenidas en nuestro estudio explicarían, al igual que para las salidas de N, los mayores egresos en leche, 6,7 kg P/ha/año (88%). Las otras salidas son por los animales (refugo y terneros/as), que representan 0,9 kg P/ha/año (12%), dada la gran cantidad de P en el organismo animal, siendo el P en la carne (7g/kg) respecto de la leche (0,86 g/l). Cuando se compara con valores obtenidos para otros países se observan valores inferiores a los reportados en Australia por Gouley *et al.*, (2012) que llegan a 10 kg P /ha/año (76%).

2.2.2 Indicadores de eficiencia de uso

Cuando se analizan los valores obtenidos en el indicador IUN-P%, que expresa las ineficiencias del sistema en su conjunto, se muestran eficiencias en promedio del $71,9 \pm 12,9$ %. Estos valores hallados tienen gran variabilidad. Se presentaron predios

que tienen buenas eficiencias es decir valores bien bajos de IUN (35%), pero cuando se observan sus balances prácticamente están funcionando como pérdida de nutriente (6,00 kgP/ha/año) y en el otro extremo hay establecimientos con bajas eficiencias llegando a un IUN-P% del 82%, con balances de 31,2 kg P/ha/año. Los valores obtenidos por Boulding y Klausner (2002) sugieren valores aceptables para P cercanos al 70%.

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que estos predios son menos eficientes que los estudiados por Begaries, (2008) y levemente más eficientes a los hallados en otras cuencas por Herrero *et al.*, (2006a) que calcularon un IUN-P de 75%. Ingresos similares y mayores salidas de P por mayor producción explicarían la mayor eficiencia y permitirían que los balances se mantengan similares a pesar de los mayores ingresos de P. Del total de P ingresado por alimentos, el 40% (6,56kg P leche/16,6 kg P alimentos) es transferido a la leche, resultado superior al hallado por Gustafson *et al.* (2003) para Suecia en dónde calcularon una transferencia del 28% y calculada sobre la ración total que consumen las vacas en producción.

Los resultados obtenidos para el indicador de eficiencia EUN-P% mostraron un valor promedio de $28,1 \pm 12,9$. El EUN P% expresa el P exportado en los productos, representando la leche el 88% del total de egresos para estos tambos. Para tambos en Australia (Gourley *et al.*, 2011) se obtuvieron valores promedio de 35%, en la UE Raison *et al.*, (2006) obtuvieron valores de 56% para Francia y 63 % para el sur de Irlanda y Spears *et al.*, (2003) obtuvieron promedios del 63% para el Oeste de EE.UU. Los porcentajes de eficiencia de P son superiores a los de N, en relación con los menores niveles de ingresos por alimentos y fertilizantes. En general en los trabajos realizados en la UE gran parte del P sale del predio, además de como leche, como estiércol para abonado de campos vecinos. Su constitución, rica en P, hace que mejoren estos valores de eficiencia (Herrero *et al.*, 2006a).

2.3 Relación entre los indicadores de N y P y con la intensificación

Se analizó la relación entre los Balances de N y de P para los predios que se presenta en la figura 5. Se observa una baja relación entre los excedentes (balances) de ambos nutrientes. Además, cuando se intentó evaluar como se relacionaban las eficiencias de N y P en los predios, es decir los IUN-N% con los IUN- P% y los EUN-N % con los EUN-P%, la relación resultó ser aún peor que para los balances. Se halló R^2 de 0,21 para N y P para ambos indicadores. Estos resultados muestran que se puede ser eficiente en el manejo de uno y no en el otro, siendo resultados similares a los de los predios analizados tanto por Herrero *et al.*, (2006a), por Begaries (2008) y por Carbó (2011) y por autores de trabajos en otros países como Koelsh y Lesoing (1999) y Spears *et al.*, (2003 a y b).

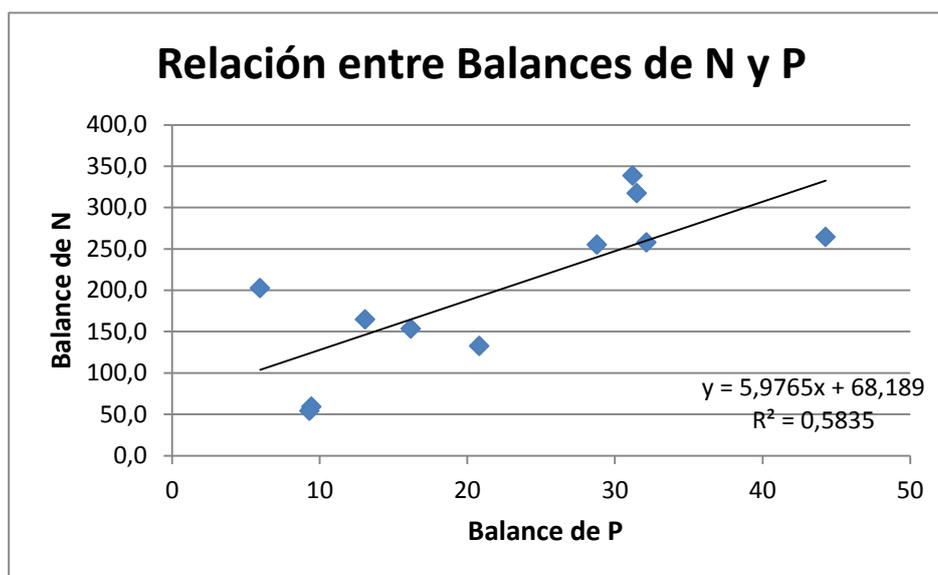


Figura 5: Relación entre balances de N y P en predios lecheros del oeste de Buenos Aires

Por otra parte se evaluó si existe asociación entre los balances, tanto de N como de P, con la intensificación expresada como EG/ha/año y además si existe asociación entre este indicador de intensificación (EG /ha /año) y la producción expresada como L/ha/año. Se observó que tanto los balances de N como de P están

asociados positivamente al indicador EG /ha /año, ($p < 0,05$), obteniéndose un coeficiente de correlación de Spearman de $r_s = 0,78$ para N y $r_s = 0,66$ para P. Estos valores expresan la asociación entre los excedentes anuales de N y P por unidad de superficie y los alimentos ingresados a los predios para suplementar la ración total de las vacas en producción. Estos resultados son similares a los obtenidos por Herrero *et al.*, (2009) donde se habían obtenido $r_s = 0,69$ para N y $r_s = 0,69$ para P, confirmando que el nivel de intensificación, cuantificado por los EG/ha/año, y los balances muestra como los alimentos externos son un componente de importancia en la incorporación de nutrientes al predio, independientemente de la participación de los restantes ingresos.

3) Indicadores de manejo de nutrientes (Ca, K, Mg)

3.1 Calcio

3.1.1 Balance predial

Los resultados de los balances prediales de Ca se muestran en el Cuadro 4. Se obtuvo un valor promedio de $20,2 \pm 14,0$ kg/ha/año, con una mediana de 23,7 y un rango de -2,1 a 47,8 kg/ha/año. Se observan grandes variaciones entre establecimientos y uno de los predios con resultado negativo (- 2,11). En este último establecimiento se podría explicar por el bajo nivel de Ca ingresado al predio en lo que se refiere a alimentos, debido a que no consume balanceado y el único aporte en alimentos externos es a partir de expeller de soja, que contiene poca cantidad de Ca en relación al resto de los alimentos que se utilizan en los predios.

Cuadro 4: Características generales de los predios, balances prediales de Ca, K y Mg, ingresos, egresos en kg/ha/año e indicadores de uso IUN (%) y de eficiencia EUN (%).

Tambo N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
SUPERFICIE (ha)	160	700	325	136	801	127	150	345	250	100	617	
N° VO	198	442	175	136	888	141	82	152	171	150	657	
PRODUCCIÓN (L/VO/d)	25,4	29,3	23,0	26,4	27,7	22,4	18,0	22,4	28,0	21,0	17,0	
EG/L/día	0,45	0,42	0,48	0,53	0,37	0,50	0,21	0,24	0,23	0,20	0,45	
EG/ha/año	5163	2836	2170	5107	4147	4539	754	865	1608	2300	2973	
(kg/ha/año)												%
INGRESOS TOTALES Ca	66	35,9	21,4	38,8	42,2	36,7	9,7	3,6	16,8	35	44,1	
FERTILIZANTES	9,1	6,7	0	0	0	1,4	0	0	2,7	1,3	1,1	5,3
ALIMENTOS	56,1	28,2	20,8	37,9	39,7	34,3	8,8	3,2	13,5	33,3	41,6	90,7
ANIMALES	0,8	1,0	0,6	0,9	2,5	1,0	0,9	0,4	0,6	0,4	1,3	4,0
SALIDAS TOTALES	18,2	10,3	7	13,6	17	13	5,2	5,7	9,7	17,1	11,5	
LECHE	14,7	8,6	5,8	12,3	14,3	11,6	4,6	4,6	8,9	14,8	8,4	84,9
ANIMALES	3,5	1,7	1,2	1,3	2,7	1,4	0,6	1,1	0,8	2,2	3,1	15,1
BALANCE Ca	47,8	25,6	14,4	25,1	25,2	23,7	4,5	-2,1	7,1	17,9	32,6	
INGRESOS TOTALES K												
INGRESOS TOTALES K	96,9	47,3	28,7	80	77,8	56,5	12,4	9,9	26,4	33,3	42,6	
FERTILIZANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALIMENTOS	96,8	47,1	28,6	79,9	77,4	56,4	12,3	9,8	26,3	33,2	42,4	99,6
ANIMALES	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4
SALIDAS TOTALES	17,7	10,3	6,9	14,6	17,2	13,8	5,5	5,5	10,6	17,7	10,3	
LECHE	17,2	10,1	6,8	14,4	16,8	13,6	5,4	5,4	10,5	17,4	9,9	97,9
ANIMALES	0,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	2,1
BALANCE de K	79,2	36,9	21,8	65,4	60,6	42,7	6,9	4,3	15,8	15,5	32,2	
INGRESOS TOTALES Mg												
INGRESOS TOTALES Mg	18,1	12,6	6,2	19,6	18,8	13,3	2,6	1,7	9,2	7,5	9,9	
FERTILIZANTES	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0,2
ALIMENTOS	17,8	12,3	6,0	19,3	18,0	12,6	2,3	1,6	9,0	7,4	9,5	95,9
ANIMALES	0,3	0,3	0,2	0,3	0,8	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1	0,4	3,9
SALIDAS TOTALES	1,7	1,0	0,7	1,4	1,6	1,3	0,5	0,5	1,0	1,7	1,0	
LECHE	1,6	0,9	0,6	1,3	1,5	1,2	0,5	0,5	1	1,6	0,9	94,9
ANIMALES	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,02	0,03	0,02	0,1	0,1	5,1
BALANCE Mg	16,4	11,6	5,5	18,2	17,2	12,0	2,1	1,2	8,2	5,8	8,9	

Tambo N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
INDICADORES DE EFICIENCIA DE USO (%)											
IUN Ca	72,5	71,4	67,5	64,9	59,8	64,6	46,6	-	42,2	51,3	73,9
EUN Ca	27,5	28,6	32,6	35,1	40,2	35,4	53,4	159,4	57,8	48,7	26,1
IUN K	81,7	78,1	75,8	81,7	77,9	75,6	55,8	43,7	59,8	46,7	75,7
EUN K	18,3	21,9	24,2	18,3	22,1	24,4	44,2	56,3	40,2	53,3	24,3
IUN Mg	90,6	92,2	89,4	93,0	91,3	90,2	80,0	68,5	89,3	77,7	89,7
EUN Mg	9,4	7,8	10,6	7,0	8,7	9,8	20,0	31,6	10,7	22,3	10,1

Los **balances prediales de Ca** resultan superiores a los obtenidos en otras cuencas de la misma provincia por Herrero *et al.* (2011), que hallaron valores mínimos y que expresan pérdidas de calcio de -5,6 kg/ha hasta valores de 12,1 kg/ha, asociando los resultados negativos a los porcentajes con que participan los diferentes alimentos que integran la dieta.

Respecto de los **ingresos de Ca** al predio se observa que en promedio totalizan 31,8±17,8 Kg Ca/ha/año. Este valor está compuesto por el ingreso de Ca en alimentos (28,9±15,9 kg Ca/ha/año) que representa en promedio el 91% del ingreso total de Ca. Los demás ingresos son los fertilizantes (2,0±3,1 kgCa/ha/año) que representan en promedio el 5% de los ingresos y los animales (0,9±0,6 kgCa/ha/año) que resultan apenas el 4%. De acuerdo a estos resultados los alimentos ingresados explican el 91% del ingreso de Ca, y el balanceado hace el mayor nivel de aportes, seguido de expeller de soja y girasol.

En los tambos analizados individualmente se observa que el valor mínimo calculado corresponde al predio que utiliza 0% de balanceado. En 9 de 10 tambos el balanceado aporta más del 60% del Ca, ya que prácticamente no hay aportes por fertilizantes y/o enmiendas, situación que resulta similar a la reportada por Herrero *et al.*, (2010 y 2011) para cuencas de Abasto de Buenos Aires.

Respecto de los **egresos de Ca** estos se producen básicamente por la producción de leche que es la principal vía de salida y representa en promedio el 84,9% del total. El promedio general es de $9,9 \pm 3,9$ kg Ca/ha/año.

3.2 Potasio

3.2.1. Balance predial

Los resultados de los balances prediales de K se presenta en el Cuadro 4 donde se observa que todos los valores son positivos, básicamente porque este nutriente está presente en forraje fresco, henos y subproductos de soja que son los componentes de las dietas de todos los tambos analizados. Los valores de los balances de K fueron en promedio de $34,7 \pm 25,0$ kgK/ha/año con una mediana de 32,2 y rango de 70,2 a 4,3 kg K/ha/año.

Los **balances prediales de K** en promedio resultan mucho menores a los hallados en tambos de Australia por Gourley *et al.* (2012) quienes calcularon 74 kg KgK/ha/año y también resultaron menores a los hallados en tambos de Suecia por Gustafson *et al.* (2003) quienes calcularon 51 kgK /ha/año.

Para el caso de estudios realizados en nuestro país, en otras cuencas de la misma provincia, se observan valores mayores a los hallados por Herrero *et al.*(2011) con $13,7 \pm 2,8$ kg K/ha/año.

Respecto de los **ingresos de K** se observa que en promedio suman $46,5 \pm 28,6$ kg K/ha/año. Este valor está compuesto por el ingreso de K en alimentos ($46,4 \pm 28,5$) que representa en promedio el 99,6% de los ingresos de K al predio y por animales ($0,1 \pm 0,1$) que corresponde apenas al 0,4%, debido a que no se utilizan fertilizantes inorgánicos que aporten K.

Respecto a trabajos realizados en otros países se observan diferencias, principalmente en la proporción del ingreso que corresponde a los alimentos externos y a los fertilizantes inorgánicos. Por ejemplo para el caso de Australia el 55% del K ingresa por alimentos y el 32% por fertilizantes (Gourley *et al.* 2012). En Argentina no

se utilizan generalmente fertilizantes con K, a pesar de que algunas evaluaciones realizadas alertan sobre la pérdida de K en los suelos durante los últimos 30 años. En la zona oeste de la provincia de Buenos Aires se ha detectado una disminución del orden del 22,6% el K intercambiable en los suelos en el período 1975-78 versus 1998-2001 (20 años) Heredia *et al.*, (2003) como consecuencia de la extracción realizada por los cultivos agrícolas. Fontanetto *et al.*,(2011) manifiesta que la aplicación de fertilizantes en los cultivos forrajeros es muy baja, ya que no cubre el 5% del total de los nutrientes exportados en productos animales. Es importante considerar que en aquellos sistemas en los cuales la cadena forrajera contiene especies con alta concentración de K, como alfalfa y/o avena, debería tener en cuenta la posibilidad de abastecer los requerimientos nutricionales del forraje mediante fertilización para reponer el contenido natural de los suelos. Fontanetto *et al.*,(2011) estimó que se acumulan 30 kg de K en cada tonelada de materia seca producida de alfalfa.

Respecto a los **egresos de K** estos se producen por la producción de leche que es también la principal vía de salida para este mineral y representa en promedio el 98% del total. El promedio general es $11,84 \pm 4,7$ kg/ha/año, valores similares a los obtenidos en estudios anteriores en otras cuencas del país. Los egresos de K resultan similares a los de Ca debido a que su concentración en la leche es similar (1,5- 1,28 g/L respectivamente). Cuando se compara con valores obtenidos para otros países se observan valores similares a los reportados en Países Bajos por Gustafson *et al* (2003) que miden 13 kgK /ha/año y en Australia Gourley *et al* (2012) que llegan a 6,6 kgK/ha /año, considerando las menores producciones anuales de los tambos analizados en este estudio. Es importante tener en cuenta la reposición de este mineral en sistemas con alto % de pasto en la ración, debido la elevada participación del K en la composición del forraje como la avena y la alfalfa, especialmente cuando crecen en suelos ricos en este mineral

3.3 Magnesio

3.3.1. Balance predial

Los resultados de los balances prediales de Mg se muestran en el Cuadro 4 donde se observa que todos los valores son positivos. Los valores de los balances de Mg fueron en promedio $9,6 \pm 5,9$ kgMg /ha/año, con una mediana de 9,0 y un rango de 18,3 a 1,2 kg Mg/ha/año.

Estos **balances prediales de Mg** resultan inferiores respecto de los otros minerales evaluados, con una relación de 1:3 para Ca y 1:5 para K. Para el caso de estudios realizados localmente en otras cuencas de la misma provincia, se observaron valores superiores a los obtenidos por Herrero *et al.*, (2011) con valores promedio de $4,1 \pm 0,8$ kg Mg/ha/año.

Respecto de los **ingresos de Mg** se observa que en promedio totalizan $10,9 \pm 6,3$ kgMg/ha/año. Este valor está compuesto por el ingreso de Mg en alimentos ($10,5 \pm 6,1$ kgMg/ha/año) que, en forma similar a la de los demás minerales, representan en promedio el 95,93% de los ingresos de Mg al predio, por el ingreso de animales ($0,3 \pm 0,2$ kg Mg/ha/año) representa apenas el 4% y por fertilizantes es prácticamente despreciable, dado que sólo en un predio se utiliza fertilizantes con Mg.

Respecto de los **egresos de Mg**, éstos se producen principalmente por la producción de leche que es la mayor vía de salida y representa en promedio el 94,9% del total. El promedio general es de $1,1 \pm 0,4$ kg Mg/ha/año.

3.4. Indicadores de eficiencia de uso

Los valores obtenidos en el indicador IUN-Ca%, IUN-K% y IUN-Mg% para cada predio se muestran en la figura 6. El IUN % es un indicador que muestra cuanto de los minerales ingresados permanecen en alguna matriz (suelo, planta, animal, etc.) en el predio, de manera que valores menores resultan en mejores eficiencias de uso. En este sentido se observa que el mineral con mejor eficiencia es el Ca, con un valor promedio de $50,5 \pm 38,0\%$ y con gran variabilidad entre predios, siendo la mediana de 64,6% con máximo de 73,9% y mínimo de 42,2%. En los predios en que el Balance arroja un valor negativo no se calcula la eficiencia de uso. El K tiene un IUN superior al IUN-Ca, con un

valor promedio de $68,4 \pm 14,2\%$ (mediana $75,7\%$, máximo de $81,7\%$ y mínimo de $43,7\%$) observándose menor variabilidad entre los establecimientos estudiados debido a que todos tienen una base pastoril en las dietas. El mayor valor de IUN corresponde al Mg con un valor promedio de $86,5 \pm 7,8\%$ (mediana de $89,9\%$, máximo de $93,0\%$ y mínimo de $68,5\%$).

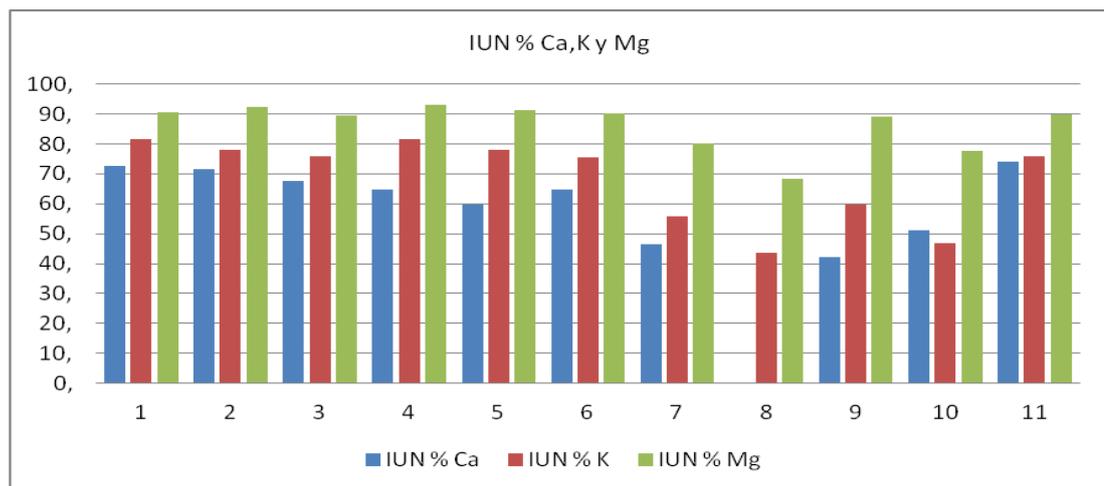


Figura 6: Indicadores de uso de nutrientes (IUN) para Ca, K y Mg (%) para cada uno de los establecimientos estudiados

Los valores obtenidos del indicador EUN-Ca%, EUN-K% y EUN-Mg% para cada establecimiento se muestran en la figura 7. El EUN% mostró que las mejores eficiencias correspondieron al Ca con valores promedio de $49,5 \pm 38,0\%$ (siendo la mediana del $35,4\%$, máximo de $57,8\%$ y mínimo de $26,1\%$) representando la leche el $84,9\%$ del total de egresos de Ca de estos tambos. El EUN-K% mostró valores promedio de $31,6 \pm 14,2\%$ (mediana de $24,3\%$, máximo de $56,3\%$ y mínimo de $18,3\%$) representando la leche el 98% del K exportado. Para tambos en Australia (Gourley *et al.*, 2012) se obtuvieron valores del 9 al 48% con un promedio del 20%. El EUN Mg% mostró valores promedio de $13,5 \pm 7,76\%$ (mediana de $10,1\%$, máximo de $31,6\%$ y mínimo de $7,0\%$) representando la leche el $94,88\%$ del total de Mg exportado de estos tambos.

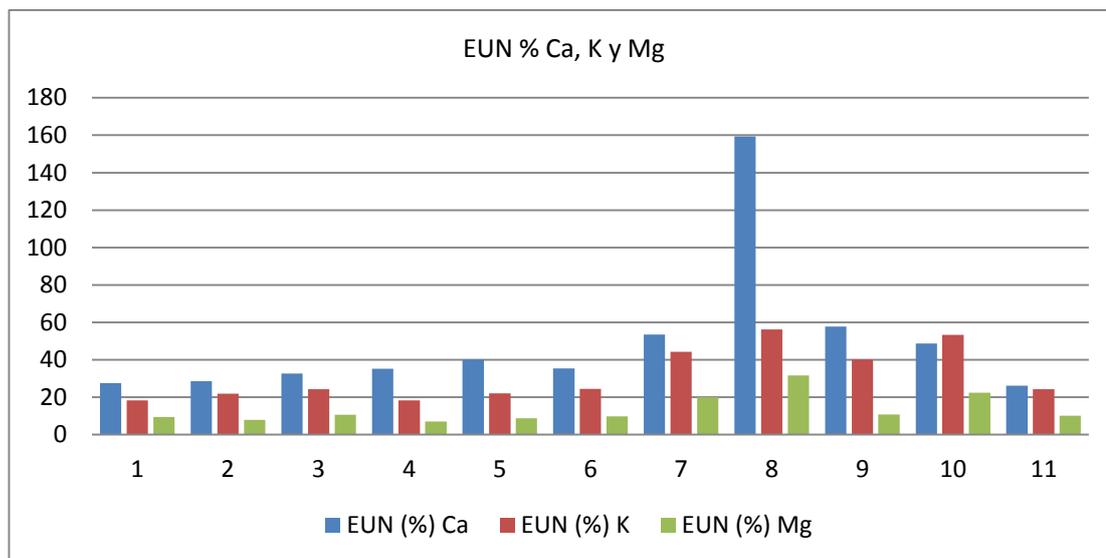


Figura 7: Indicadores de uso de nutrientes (EUN) para Ca, K y Mg (%) para cada uno de los establecimientos estudiados

3.5 Relación entre los indicadores de Ca, K y Mg con la intensificación

Se evaluó la asociación entre los balances de Ca, K y Mg con la intensificación expresada como EG/ha/año, mediante la prueba de correlación de Spearman ($\alpha=0,05$). En todos los casos las variables están asociadas positivamente ($p<0,05$), obteniéndose un coeficiente de $r_s= 0,63$ para Ca, $r_s= 0,78$ para K y $r_s= 0,78$ para Mg. Estos valores expresan la asociación entre los alimentos ingresados al predio y expresados en equivalente grano y los excedentes de cada nutriente (balances) a nivel predial.

3.6 Indicadores de reposición mineral

Se calculó el indicador de reposición mineral RCe% para evaluar en que medida se cubren los requerimientos de Ca, K y Mg de las vacas en producción con los minerales contenidos en los alimentos que ingresan al predio.

En la figura 8 se muestran los valores de los requerimientos de Ca para las vacas en producción expresados como kg Ca/ha/año y las cantidades que aportan los alimentos ingresados al predio expresados en igual unidad.

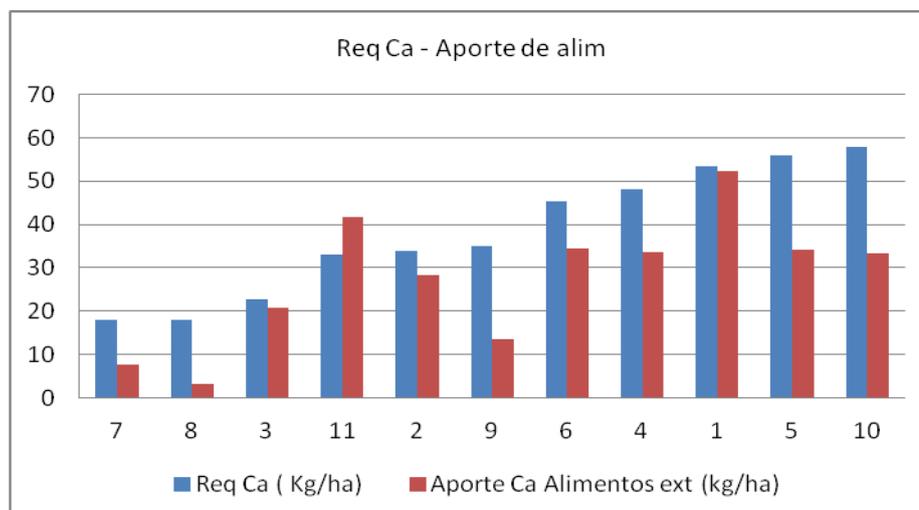


Figura 8: Requerimientos de Ca de las vacas en producción y aportes de Ca de los alimentos externos (kg/ha/año) para los establecimientos evaluados.

Los valores obtenidos indican que, en promedio el 69,3% del Ca requerido por las vacas en producción es aportado por los alimentos que ingresan al predio. En el análisis de los tambos en forma individual se observa una gran dispersión de los resultados de acuerdo a los alimentos utilizados¹ El mayor aporte corresponde a los balanceados (79%) en los cuales el núcleo mineral hace el aporte de Ca y de otros minerales, y a los subproductos de soja (18,5%). En el tambo 11 se superan los requerimientos de los animales (1,3 veces) porque la suplementación ofrecida contiene 97% de balanceado.

En la figura 9 se muestran los valores de los requerimientos de K para las vacas en producción (kg K/ha /año) y las cantidades que aportan los alimentos (kg/ha/año) ingresados al predio.

¹ En el anexo 1 se presenta la composición mineral de los alimentos utilizados en los predios .

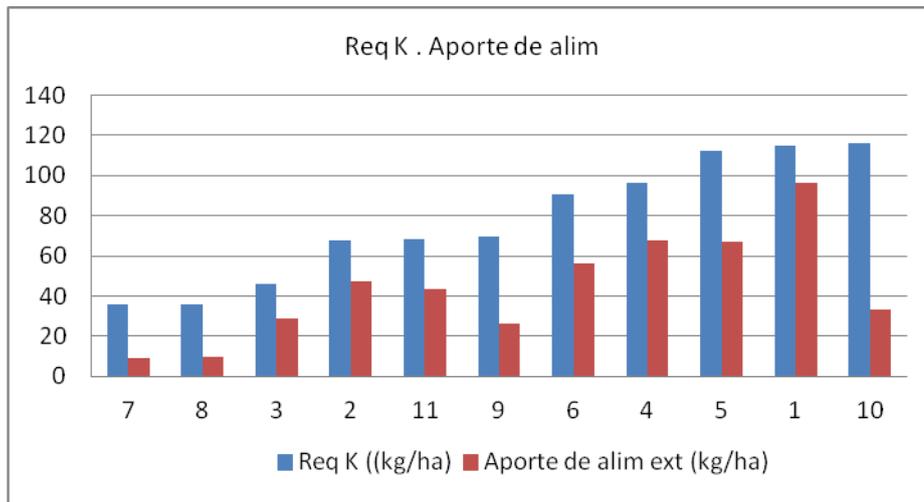


Figura 9: Requerimientos de K de las vacas en producción y aportes de K de los alimentos externos (kg/ha/año) para los establecimientos evaluados.

Los valores obtenidos indican que, en promedio el 53,9% del K requerido por las vacas en producción es aportado por los alimentos que ingresan al predio. Este valor resulta similar a los hallados para tambos de la misma provincia por Herrero *et al.*, (2009), quien determinó que del total de la ración los alimentos externos aportan el 63% de los requerimientos. En esos predios se pudo evaluar que, los alimentos internos (forraje + silaje) aportan porcentajes que exceden los requerimientos. Los alimentos que integran la dieta de los 11 establecimientos, lo aportan en proporciones más equilibradas que para Ca (anexo 1), así, 55,4% es aportado por el balanceado, el 29,7% por el expeller de soja y el 27,2% por el pellet de girasol. De acuerdo a Herrero *et al.*, (2009) se puede deducir que a nivel predial el mayor aporte de K a la dieta corresponde a los alimentos internos y en los tambos pastoriles dicho elemento permanece dentro del predio, si bien aparecerían transferencias internas que podrían generar deficiencias a nivel de potrero.

En la figura 10 se muestran los valores de los requerimientos de Mg para las vacas en producción y las cantidades que aportan los alimentos ingresados al predio, en ambos casos expresados como kg Mg/ha/año.

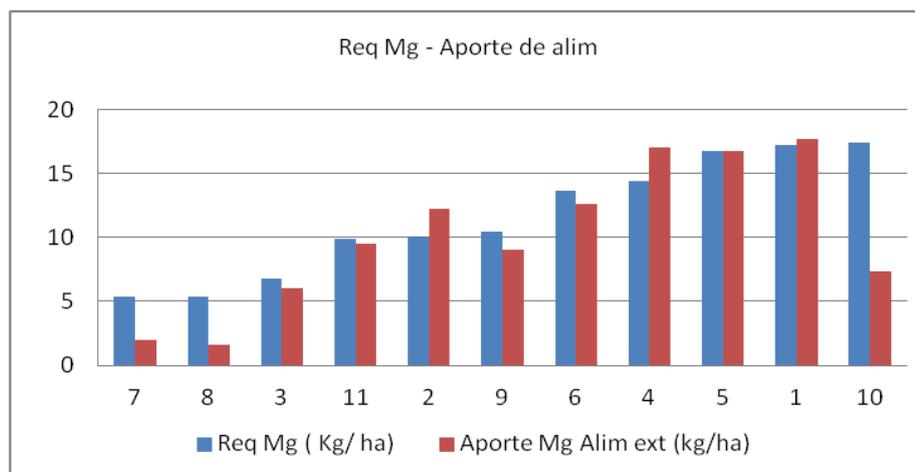


Figura 10: Requerimientos de Mg de las vacas en producción y aportes de Mg de los alimentos externos (kg/ha/año) para los establecimientos evaluados.

Los valores obtenidos indican que, en promedio el 83% del Mg requerido por las vacas en producción es aportado por los alimentos externos. Este valor resulta similar a los obtenidos por Herrero *et al.* (2010) quienes informan del 60 al 80%. Cuando se analizan los tambos individualmente se observa que en ocho de ellos se cubren más del 86% (y cuatro exceden) los requerimientos de Mg y sus dietas contienen, además de balanceados, expeller de girasol y/o afrechillo de trigo que aportan mayores contenidos de Mg (anexo 1); en tres tambos los alimentos externos cubren entre el 29% y 42% de los requerimientos y sus dietas están formuladas en función de balanceado y derivados de soja que aportan bajas cantidades de Mg.

Los establecimientos que participaron de este estudio mostraron una gran amplitud en las cantidades de alimento balanceado que suministraban a las vacas en producción, desde el 0% al 100% de su participación en las dietas. Seis establecimientos conformaron entonces el Grupo 1 en el cual el balanceado comercial participaba en el 50% o más del total del suplemento ofrecido, y cinco tambos en el Grupo 2 donde el balanceado participa con menos del 50%, como lo muestra el Cuadro 5.

Cuadro 5: Requerimientos de Ca, K y Mg que son provistos (%) por los componentes de la ración de vacas en ordeño proveniente de alimentos externos al predio expresados por el indicador RCe %, y participación del aporte de cada mineral según tipo de alimento (%) en 11 predios lecheros agrupados según % de balanceado en la ración y expresados en promedio \pm DS.

	Grupo 1 \geq 50% balanceado	Grupo 2 < 50% balanceado
% balanceado en la dieta	72,1 \pm 12,2	29,7 \pm 18,3
RCe Ca %	83,2 \pm 29,8 ^a	52,6 \pm 24,1 ^a
Ca Balanceado %	87,6 \pm 11,3 ^a	66,2 \pm 15,2 ^b
Ca Pellet Soja %	6,2 \pm 2,7 ^a	9,8 \pm 1,0 ^a
Ca Expeller Girasol %	6,2 \pm 8,8 ^a	18,3 \pm 8,0 ^a
Rce K %	55,9 \pm 23,7 ^a	51,4 \pm 18,2 ^a
K Balanceado %	68,7 \pm 24,8 ^a	35,4 \pm 12,2 ^b
K Pellet Soja %	20,5 \pm 7,2 ^a	38,9 \pm 26,2 ^a
K Expeller Girasol %	11,6 \pm 16,4 ^a	28,6 \pm 13,0 ^a
K Afrechillo Trigo %	nu	15,9 \pm 7,6
Rce Mg %	81,2 \pm 34,5 ^a	85,2 \pm 33,7 ^a
Mg Balanceado %	71,1 \pm 23,8 ^a	31,5 \pm 14,1 ^b
Mg Pellet Soja %	13,5 \pm 5,3 ^a	28,4 \pm 25,7 ^a
Mg Expeller Girasol %	18,7 \pm 26,4 ^a	33,7 \pm 10,1 ^a
Mg Afrechillo Trigo %	nu	31,5 \pm 19,8

Letras diferentes en filas indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$), Prueba de Tukey.

El primer grupo, formado con los predios que alimentan con más del 50% de balanceado en la dieta, comprende también que ofrecen, en promedio, el 72,1% de la dieta como balanceado. En promedio cubren los requerimientos de Ca del rodeo en 83,2% correspondiendo al balanceado el 87,6% y los subproductos de soja y girasol un porcentaje mucho menor, el 6,2%. Para K se cubren en menor proporción los requerimientos (55,9%) y para Mg ocurre una situación similar a la del Ca (81,2%).

Tanto para el K como para el Mg el aporte del balanceado es menor al de Ca y similares entre si siendo cercanos al 70%. Los otros componentes de la ración tienen una mayor participación que para el caso del Ca, observándose valores entre 11% al 20%, dependiendo del tipo de alimento.

El segundo grupo comprende establecimientos que, en promedio aportan el 29,7% del total de la ración como balanceado comercial e incorporan mayor variedad de suplementos, como por ejemplo el afrechillo de trigo que hace importantes aportes para Mg (32%) y menores para K (16%). El balanceado contribuye sólo con el 66% al aporte de Ca para este grupo.

Cuando se analizó el comportamiento entre grupos se observó que no se hallan diferencias significativas ($p < 0,05$) para el indicador R_{Ce}% tanto para Ca como para K y para Mg. Sin embargo, se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) cuando se evaluó el aporte del balanceado comercial a los requerimientos de los tres minerales. No ocurrió lo mismo con los otros componentes de la ración para K y Mg donde no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). Esto muestra la importancia de la utilización del balanceado comercial que presenta un núcleo mineral que facilita la reposición de los minerales extraídos en la leche.

Al analizar los valores del comportamiento de los demás indicadores evaluados en este trabajo, se observa que los tambos del grupo 2 poseen balances prediales de magnitudes menores (es decir sobra menos mineral) pero con mejores indicadores de uso de nutriente como el IUN-Ca% y IUN-K%, lo que indicaría que la reposición mineral del suelo no está comprometida y la combinación de diferentes ingredientes en la ración, ayudaría a reponer los minerales extraídos.

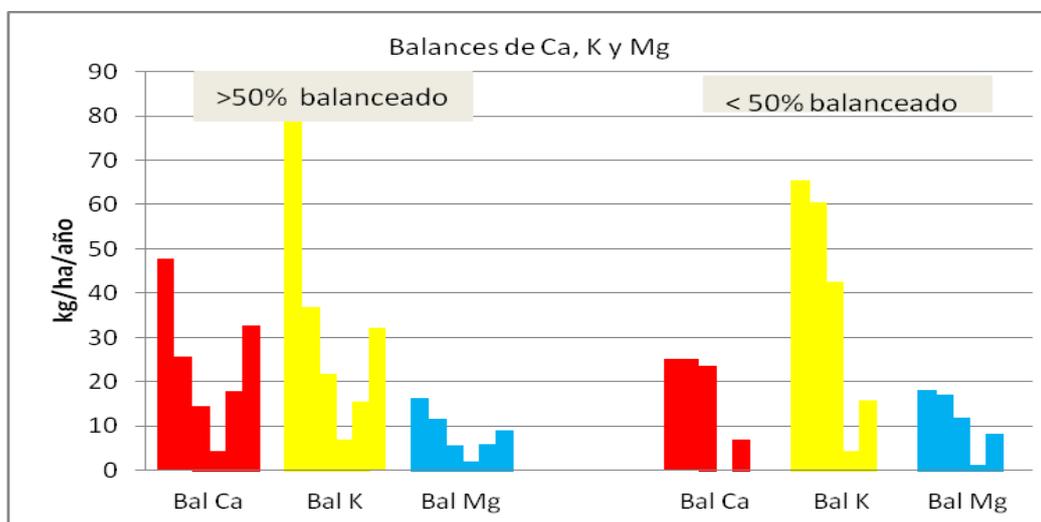


Figura 11: Cuadro comparativo de los balances de Ca, Mg y K (kg/ha/año) de los establecimientos según el porcentaje de balanceado en la dieta. Cada barra corresponde a un predio.

A pesar de las diferencias numéricas, no se hallan diferencias significativas cuando se analiza la asociación entre el porcentaje de alimento balanceado y los balances según cada mineral (Test de correlación de Spearman, $p > 0,05$) posiblemente por la variabilidad encontrada entre los establecimientos.

CONCLUSIONES

Los establecimientos evaluados muestran una gran variación en relación a superficie del predio, cantidad de vacas en ordeño y totales, producción e intensificación, siendo representativos de los establecimientos existentes en la Cuenca Oeste de la provincia de Buenos Aires. La evaluación realizada permitió determinar la condición ambiental de los predios lecheros de la cuenca Oeste según el comportamiento ambiental de indicadores de manejo de nutrientes, observándose diferencias para cada nutriente.

Tanto los balances prediales de N como los de P resultaron con valores similares tanto a los hallados en diversos países del mundo donde se están llevando

adelante programas de evaluación de riesgos ambientales en la producción de leche como en otros estudios locales de la provincia de Buenos Aires.

Los balances prediales de minerales (Ca, K y Mg) resultaron, en promedio, superiores a otros estudios realizados en la misma provincia. En el caso de K, el promedio fue mucho menor a estudios realizados en otros países, en los cuales se repone este nutriente vía fertilizantes.

Para todos los nutrientes resultó fundamental el aporte desde los alimentos que ingresan a los predios, incidiendo en la reposición de estos minerales. Los valores de uso de nutrientes (IUN-N%) muestran valores similares entre predios y similares, en promedio, a los hallados por otros autores para la misma región. Para el indicador de eficiencia de uso (EUN-N%) se hallaron valores inferiores a los hallados a otros países, explicados por la menor producción de leche de los establecimientos analizados en este estudio y por la falta de venta del estiércol fuera del predio. Para el caso de P se observaron diferencias entre predios (IUN-P%) hallándose valores similares a los obtenidos en estudios realizados para la misma región. Las ineficiencias (mayores valores de IUN-P%) alertan sobre la posible aparición problemas por déficit de P en los suelos en el mediano plazo, ya que los niveles de ingreso por fertilizantes es bajo.

Para el caso de los minerales, los resultados obtenidos muestran que el Ca es el mineral usado más eficientemente, seguido de K y de Mg, probablemente porque de todos los minerales el Ca se tiene más en cuenta que el K y el Mg en la formulación de las dietas.

La reposición mineral pudo ser evaluada por el indicador que representa al mineral ingresado desde fuera del predio por la compra de alimentos (RCe%). Se observó que el mayor aporte de Ca lo realiza el alimento balanceado, el aporte de Mg se realiza no sólo por el alimento balanceado sino por otros suplementos adquiridos y el de K se realiza principalmente por el forraje verde y uso de silajes, mostrando como la selección de los suplementos que participan de la dieta, en relación a los

requerimientos animales, y a los demás componentes del sistema en general, permitiría cuantificar los excedentes de minerales (Ca, K y Mg) y ayudaría a tomar decisiones para asegurar su reposición al predio.

La intensificación de las empresas lecheras se evaluó mostrando que, la importación de nutrientes en alimentos, y en menor grado en fertilizantes se realiza para aumentar la producción por unidad de superficie. Si bien este trabajo no evaluó los tipos de transferencias internas que se produce por el manejo de los animales, es importante tener en cuenta que se produce la exportación de nutrientes desde las áreas de cultivos y producción de forraje hacia sectores definidos del predio (callejones, aguadas, pistas, corrales), como consecuencia de esta mayor concentración de animales en áreas reducidas se producirá la acumulación de nutrientes en el estiércol. Para minimizar esta transferencia sería deseable que se planificara la rutina de manejo y se adecuara las instalaciones para derivar sus efluentes y prevenir la lixiviación según suelos y pluviometría, así como también deberían elaborarse planes de reuso de estiércol, correctamente monitoreados para cada tipo de suelo y de sistema productivo (Buenas Prácticas de Manejo).

La recolección y redistribución de heces y orina permitiría manejar los excedentes, reducir las compras de fertilizantes comerciales y mejorar los balances y eficiencias de uso de dichos nutrientes.

RECOMENDACIONES:

Las principales recomendaciones que surgen de este trabajo se pueden resumir en:

- Los incrementos de la carga, de los niveles de suplementación y del uso de fertilizantes tienen impactos en la producción de leche en la mayor parte de los tambos de la región pampeana, pero para ello ingresan mayor cantidad de nutrientes que los que se exportan en productos de manera que los excedentes serán cada vez mayores. En este caso la utilización de los

balances de nutrientes como herramienta de decisión ambiental y productiva, proveen información para monitorear los cambios, detectando los excesos / déficit en cada caso, considerando su facilidad de cálculo.

- La incorporación de los balances de nutrientes en combinación con los análisis y seguimiento de las características de los suelos daría información muy útil para decidir las opciones de fertilización de los lotes, decidir la compra más adecuada, o en caso de P y K plantear su reposición a partir del manejo de los pastoreos. Los balances de Ca y Mg también se pueden complementar con los análisis de suelo para decidir acciones en suelos con problemas de acidez.
- Así también relevar el manejo del rodeo para estimar la deposición de nutrientes en diferentes áreas del predio según horas de permanencia del ganado en las áreas de alimentación, corrales y sala de ordeño, para lograr así una mejor gestión que incorpore el reuso del estiércol y efluentes acumulado en estas áreas.
- El ajuste de las dietas a los requerimientos del rodeo, el ingreso de suplementos que aporten minerales deficientes en el predio, balancear los requerimientos minerales de acuerdo a los recursos forrajeros disponibles en cada sistema serían algunas de las prácticas de manejo que ayudarían a mejorar las eficiencias de utilización y disminuir las pérdidas al ambiente (suelo y agua).
- Se espera que los productores y sus asesores comiencen a aplicar periódicamente algunas de las herramientas sugeridas en este trabajo para facilitar la toma de decisiones con respecto al cuidado del ambiente en el cual actúen y que, en la tarea rutinaria de planificación, sumen el componente del cuidado del medio pudiendo, además, optimizar los recursos económicos.

Anexo 1

Tabla de composición de nutrientes y minerales de los alimentos utilizados en la región estudiada

Alimentos	N	P	Ca	Mg	K
	g/kg	g/kg	gr/kg	gr/kg	gr/kg
Balanceado 16%	25,6	3,5	12,15	2,69	12,12
Afrechillo de trigo	24	10	1,6	4,6	12
Pellets de girasol	40,8	7,6	4,8	6,3	15
Expeller de soja	58,1	6,8	4,3	2,9	21,2
Sojilla	58,1	6,8	4,7	2,6	15,1
Cáscara de soja	20	4	6,3	2,5	15,1
Semilla de algodón	47,4	7,3	1,66	3,7	11,3
Maiz Grano	16,3	3,7	0,4	1	4,2
Heno pastura base alfalfa	29,4	2,3	12,2	2,7	23,7
Heno de sorgo	15,4	20	5,40	3,20	23,60
Henolaje	30,45	3,4	15,6	3,3	25,6

Fuente: Información propia, tablas del Agroecoindex®, tablas de composición química de alimentos INTA (2008)(CR Santa Fe EEA Rafaela, Proyecto lechero); Jaurena y Danelon (2006); Guaita y Fernandez (2005).

Referencias Bibliográficas:

- AACREA, 1988 Comisión de Producción Lechera. Pautas para recopilar los datos de producción física del tambo.
- Bacon, S.C., Lanyon, L.E.; Schlauder, Jr., R.M. (1990). Plant nutrient flow in the managed pathways of an intensive dairy farm. *Agronomy Journal* 82:755–761.
- Basso, L., Herrero, M.A. (2008). Producción animal y medio ambiente. En *Agroecosistemas: impacto ambiental y sustentabilidad*. Ed. Lidia Giufre Editorial FAUBA. Buenos Aires, Argentina.. Autores Basso, L. Herrero, M. A. Pag. 337-364.
- Begaries, L. (2008). Utilización de herramientas de diagnóstico ambiental en predios lecheros de la cuenca del oeste bonaerense. Trabajo final de la Especialización en Gestión Ambiental de Sistemas Agroalimentarios (FAUBA), pag 100.
- Birshallet S, Dillon C, Wrigley R. (2008). Effluent and Manure management database for the Australian Dairy Industry. Published by Dairy Australia, 2008.
- Bouldin, D. R.; Klausner, S. D. (2002). Managing nutrients in manure: General principles and applications to dairy manure in New York. In Hatfield, J. L.; Stewart, B. A. (ed)- *Animal waste utilization: Effective use of manure as a soil resource*. Lewis publishers, USA, 2002, pag. 65-88
- Burkholder J., Libra B., Weyer P., Heathcote S., Kolpin D., Thorne P., Wichman M. (2007). Impacts of waste from concentrated feeding operations on water quality. *Environ. Health Perspect.* 115: 308-312.
- 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*, Vol 11 (2):85-92

- Carbó Lorna I. (2011) Balances de nutrientes como herramienta para estimar el potencial para el reciclado de los efluentes de tambo en recursos forrajeros. Trabajo de Coronamiento de la Especialización en Manejo de Sistemas Pastoriles. Consultado el 05/07/09. Disponible en <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2011carbolornaileana.pdf>
- Chimiz J., Gambuzzi E. (2007) Recientes cambios y posibles rumbos tecnológicos del tambo argentino. Proyecto Lechero. Consultado el 05/07/09 en http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/economia/proyecto_lechero_tambos_argentinos.pdf
- Council Directive 91/156/ CEE 18-03.91; Council Directive 91/676/ CEE 12-12-91. Consultado: 17/06/2012 en <http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/directiv.html>
- Dou, Z.; Lanyon, L.E.; Ferguson, J.D.; Kohn, R.A.; Boston, R.C.; Chalupa, W. (1998) An Integrated Approach to Managing Nitrogen on Dairy Farms: Evaluating Farm Performance Using the Dairy Nitrogen Planner. *Agronomy Journal* 90(5): 573-81.
- EU National Emissions Directive 2001–81- EC, Integrated Pollution Prevention Control. Consultado: 17/06/2012 en <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:309:0022:0030:EN:PDF>
- Fontanetto, H., Gambaudo, S., Keller, O. (2011). Balance de nutrientes en sistemas pastoriles. INTA Rafaela. Consultado 12/10/2012 en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/52-balance.pdf
- Fraser, D. (2001). The "New Perception" of animal agriculture: legless cows, featherless chickens, and a need for genuine analysis. *Journal of Animal Science*, 79: 634 - 641.
- Giuffré, L., Ratto, S., Romaniuk S. (2008). Indicadores Ambientales. En *Agrosistemas: Impacto Ambiental y Sustentabilidad*, 2da. Ed. Ed Lidia Giuffre Editorial FAUBA, Buenos Aires, 2008. Autores Giuffre, L. Ratto, S. Romaniuk, S. Pag 1-4.

- Groot, J. C.J., Rossing W. A.H, Lantinga E. A. (2006). Evolution of farm management, nitrogen efficiency and economic performance on Dutch dairy farms reducing external inputs *Livestock Science* 100 (2006) 99– 110.
- Gourley, Cameron JP., Aarons, S R., Dougherty, W J., and Weaver, D M. (2011). Nitrogen and phosphorus balances and efficiencies on contrasting dairy farms in Australia. Future Farming Systems Research Division, Ellinbank Centre, Department of Primary Industries, Ellinbank, Victoria . AUSTRALIA.
- Gourley, Cameron JP., Dougherty, W J., Weaver, D M. , Aarons, S R., Awty, I M., Gibson, D M., Hannah, M C., Smith, A P and Peverill, K. (2012) Farm-scale nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur balances and use efficiencies on Australian dairy farms- *Animal Production Science*, Vol 52: 929–944
<http://dx.doi.org/10.1071/AN11337>.
- Guaita, M.S.; Fernandez, H. (2005), *Tablas de Composición Química de Alimentos para Rumiantes*. INTA EEA Balcarce .Area de Investigación en Producción Animal CERBAS.
- Gustafson, G M., Salomon, E., Jonsson, S., Steineck ,S (2003) Fluxes of K, P, and Zn in a conventional and an organic dairy farming system through feed, animals, manure, and urine* a case study at Öjebyn, Sweden. *Europ. J. Agronomy*, Vol 20 : 89 – 99.
- Halberg, N. (1999) Indicators of resources use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. *Agriculture, ecosystem and environment*, Vol 76: 17-30.
- Heichel, G.H., Barnes, D.K. Vance, C.P. Henjum, K.I. (1984) N₂ fixation, and N and dry matter partitioning during a 4-year alfalfa stand. *Crop Sci.* 24:811–815.
- Heredia, O.S., Duffau, V., Conti, M. (2003). Análisis de suelo y cambios de la fertilidad edáfica en suelos la Región Pampeana. *Revista Inpofos* Nº 19, septiembre 2003.
- 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. *Revista InVET*, Vol 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 (Buenos Aires, Argentina) Revista InVET, Vol 8(1):23-30.
- Herrero, M.A.; Gil, S.B.; Flores, M.C.; Carbó, L.I. (2006(c)) Estimación de la fijación simbiótica de nitrógeno mediante diferentes metodologías en tambos pastoriles. 29º Congreso de Producción animal- Mar del Plata 18-20 de Octubre - Revista Argentina de Producción animal 26(S1):332-333.
- Herrero, M.A., Gil, S.B. (2008). Consideraciones ambientales de la intensificación ganadera (review). Ecología Austral, Vol 18: 273-289.
- Herrero, M.A.; Carbó, L.I.; Flores, M.C. (2009). Balances de nitrógeno y fósforo en tambos de base pastoril con diferente nivel de intensificación. Rev. Arg. Prod. An. Vol 29 (Sup.1): 293-294 con referato.
- Herrero, M.A.; Thiel, I. (2009). Water contamination from rural production systems. En Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS) UNESCO, Ed. UNESCO, Oxford United Kingdom, ISBN 978-1-84826-622-3p: 1-35.
- Herrero, M.A., Orlando, A.A., Dallorso, M.E. y Gil, S.B. (2010). Balances de calcio y magnesio en rodeos lecheros con alimentación de base pastoril. Comunicación. Rev. Arg. de Prod. An. Vol 30 (supl.1): 111-112.
- Herrero, M.A., Orlando, A.A., Gil, S.B., Dallorso, M.E. (2011). Balances prediales de Ca, K y Mg en tambos de Buenos Aires, Argentina. Rev. Arg. de Prod. An. Vol 31 (supl.1): 200.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2008). Tabla de Composición Química de Alimentos para Rumiantes. Proyecto lechero. Centro Regional Santa Fe EEA Rafaela.
- Jaurena, G.; Danelón, J.L. (2006). Tabla de Composición de Alimentos para Rumiantes de la Región Pampeana Argentina. Ed Hemisferio Sur.
- Klausner, S.D. (1993). Mass nutrient balances on dairy farms. In Proc. Cornell Nutrition Conf. for Feed Manufacturers, Rochester, NY. 19–21 Oct. Cornell Univ., Ithaca, NY.

- Koelsch, R.; Lesoing, G. (1999). Nutrient balance on Nebraska livestock confinement systems. *J. Anim. Sci.* Vol. 77: 63-71.
- M.A.A de la Provincia de Buenos Aires. Dirección Provincial de Ganadería/ Lechería/ Estadísticas. http://www.maa.gba.gov.ar/dir_ganaderia/lecheria.php consultada 5/11/2013.
- Menzi, H. (2002). Manure Management in Europe, results of a recent survey. In proceedings of the 10 th. Ramiran International Conference of the FAO/SCORENA Network on the recycling of Agricultural Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN). Strbske Pleso, Slovak Republic, 2002.
- Morse, D. (1995). Environmental considerations of livestock producers. *J. An. Sci.* 73: 2733-2740.
- National Research Council (NRC) (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle Seventh Revised Edition.
- Oenema, O.; Kros, H.; de Vries, W. (2003). Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *Europ J. of Agronomy*, Vol. 20:3-16.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (1995) Roma (Italia). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1995. Colección FAO: Agricultura, No 28.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, Livestock Environment and Development, LEAD). 2006. Livestock's Long Shadow. Roma. 395 pp.
- Orlando, A., Buron Alfano, V., Orliacq, B., Nielsen, A., Herrero, M., Neu, M., Charlón, V., Vassallo, K., Gil, S. (2008). Eficiencias, excedentes y transferencias de nitrógeno y fosforo en sistemas de producción lechera intensificados. V Congreso Iberoamericano de Física y Química Ambiental. Nacional. Univ. Nac. de Gral. San Martín, Argentina. En:

Las fronteras de la física y química ambiental en Iberoamérica: libro de actas del Eds. Literarios Blesa Miguel A.; Dos Santos Alfonso, María y Torres Rosa M.. 1º ed. pp. 109.

- Raison, C., Pflimlin, A., Le Gall, A. (2006). Optimisation of environmental practices in a network of dairy farms of the Atlantic Area, Institut de l'Élevage. France. Pag 53-54.
- Ryan W., Hennessy, D., J. J. Murphy, J.J., Boland, T.M. and Shalloo, L. (2011). A model of nitrogen efficiency in contrasting grass-based dairy systems. *J. Dairy Science*. Vol 94 :1032–1044.
- Spears, R. A.; Kohn, R. A.; Young, A. J. (2003a). Whole-farm Nitrogen Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Science*, vol. 86 (12): 4178-4186.
- Spears, R. A.; Young, A. J.; Kohn, R. A. (2003b). Whole-farm Phosphorus Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Science*, vol. 86 (2): 688-695.
- Stone, K., Hynt, P.G., Coffey, S.W. y Matheny, T.A. (1995). Water quality status of a USDA water quality demonstration project in the Eastern Coastal Plain. *J. Soil. Water Conserv.* 50:567-571.
- Tamminga, S. (1996). A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *J. Anim. Sci.* Vol. 74: 3112-3124.
- Te Velde, H., Aarts, N., & Van Woerkum, C. (2002). Dealing with ambivalence: farmers' and consumers' perceptions of animal welfare in livestock breeding. *Journal of agricultural and environmental ethics*, 15(2), 203-219.
- UNECE Gothenburg Protocol (1999). Consultado: 17/06/2012 en <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1999%20Multi.E.Amend.ed.2005.pdf>.
- Upton, M. (1997). Intensification or extensification: which has the lowest environmental burden? *WAR/RMZ*. Nº88. FAO. Roma, Italia.
- Van Horn, H.H., Wilkie A.C., Powers W.J., Nordstedt R.A. (1994). Components of Dairy Manure Management Systems. *J. Dairy Sci.* 77 (7): 2008-2030.

- Viglizzo, E. F., Roberto Z.E. (1997). El componente ambiental en la intensificación ganadera. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17 (3): 271-295.
- Viglizzo, E. (2002) *Agro Eco Index*, software para la evaluación ambiental de establecimientos agrícolas. INTA Anguil, La Pampa.
- 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.
- Westerman, P.W., Huffman, R.L. y Feng, J.S. (1995). Swine-lagoon seepage in sandy soil. *Trans. ASAE* 38(6):1749-1760.

