

Balance de nutrientes de los principales productos agropecuarios de Uruguay para los años 1990, 2000 y 2010

Victoria Mancassola^{1*} y Omar Casanova¹

Introducción

Los cambios estructurales que se produjeron en los últimos 20 años en la agropecuaria uruguaya se han caracterizado por el aumento en la intensidad de uso del suelo, incidiendo en procesos como la erosión y la evolución de la fertilidad de los suelos. En el año 1990 predominaba el sistema ganadero pastoril ocupando el 92% de la superficie agropecuaria del país, basado en campo natural (80%) (MGAP, 1994). Los cambios más importantes estuvieron dados por el aumento de la forestación, a partir del año 1990, en suelos de prioridad forestal y, posteriormente al año 2000, por la agricultura. En el año 2000 la producción del cultivo de soja ocupaba 12 000 ha (MGAP, 2000a), mientras que en el año 2010 pasó a ocupar 862 000 ha (MGAP, 2011), por lo cual el cultivo ocupó suelos pertenecientes al área agrícola tradicional, pero también suelos con restricciones para la agricultura, como mayor susceptibilidad a la erosión y degradación (Pérez Bidegain, 2010).

La producción ganadera-lanar tuvo un retroceso en superficie, pasando de 14.6 millones de ha en 1990 (MGAP, 1994) a 13 millones de ha en 2010 (80% de la superficie agropecuaria) (Rava et al., 2011). En el año 2010 se registró una disminución del ganado ovino que representó el 32% de las existencias del año 1990. Sin embargo, el número total de cabezas de ganado vacuno aumentó 35% (de 8 a 11 millones de cabezas) respecto al año 1990 (MGAP, 1994; 2011). Este aumento se explica por la incorporación de prácticas de producción más intensivas, mediante pasturas mejoradas, concentrados y feedlot (Arbeletche y Carballo, 2007, citado por Rava et al., 2011).

También, otro indicador del aumento de la intensidad de uso del suelo ha sido el incremento de los precios de la compraventa de campos. El precio promedio en el año 1990 y en el año 2000, fue de 451.5 y 448 US\$ ha⁻¹, respectivamente (Instituto Nacional de Colonización, citado por Vassallo, 2006), en cambio el precio promedio en el año 2010 fue de 2633 US\$ ha⁻¹ (MGAP, 2012b).

A nivel regional, Cruzate y Casas (2012) concluyeron que, para suelos agrícolas de Argentina, el balance para los nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y azufre (S) es deficitario. Esto indicaría que algunos sistemas productivos no son sostenibles dado que, si la reposición fuera insuficiente, reduciría la disponibilidad de los mismos en los suelos. En relación a los productos agrícolas en Argentina, Cordone y Trossero (2012), concluyeron que las exportaciones agropecuarias tienen

como recurso básico el suelo y el costo de su deterioro no se contabiliza en los resultados económicos de los cultivos ni en las cuentas nacionales, llamándolo “costo oculto”.

En Uruguay, los suelos tradicionalmente utilizados para agricultura no tendrían limitantes para aportar K a los cultivos. Sin embargo, se ha observado que el K intercambiable en la zona de exploración radicular ha disminuido (Morón y Quincke, 2010). En 48 sitios del departamento de Soriano, estos autores encontraron que el K intercambiable fue menor a la referencia utilizada, sin historia agrícola, en las profundidades de 0-7.5 y 7.5-5 cm.

Los cambios registrados en los sistemas de producción y uso del suelo en los últimos 20 años en Uruguay llevan a preguntarse sobre cómo influyen en el balance de nutrientes a nivel del país, si existen excesos o pérdidas de nutrientes y en que magnitud.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el balance de nutrientes generado a nivel de país, tomando registros oficiales de producción y exportación de productos e importación de nutrientes como fertilizantes de los años 1990, 2000, y 2010, y valorizarlo en términos económicos.

Materiales y métodos

Se realizaron dos balances de nutrientes a escala nacional para las producciones agropecuarias más importantes, estas representaron 86% de las exportaciones en términos económicos y 99% de la superficie del país para el año 2010 (MGAP, 2011). En uno se consideraron la cantidad total en toneladas (t) de nutrientes extraídos en el total de la producción y en el segundo balance se incluyeron sólo las cantidades (t) de nutrientes en la producción exportada. Los años analizados fueron: 1990, 2000 y 2010, debido a que se pueden considerar como representativos de la dinámica y estructura productiva del país.

El tratamiento de los datos implicó la suma de todas las cantidades en toneladas (t) producidas, exportadas y la extracción de nutrientes de las mismas. Los productos seleccionados fueron: trigo, soja, cebada, arroz, maíz, girasol, sorgo, caña de azúcar, cítricos, frutales no cítricos (manzana, pera, uva y durazno), hortalizas (papa, cebolla, tomate, boniato, zanahoria y zapallo), forestales (eucalipto y pino), carne bovina, leche, carne ovina y lana). También se realizó una estimación de la extracción de los nutrientes en relación a la superficie ocupada por cada producción.

¹ Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Av. Garzón 780, Montevideo. C.P. 12900 Facultad de Agronomía.

* Correo electrónico: mancassola@fagro.edu.uy

Los datos de producción total, exportada y superficie, se obtuvieron de las siguientes fuentes: Censo General Agropecuario del año 1990 (MGAP, 1994), Censo General Agropecuario del año 2000 (MGAP, 2000a), Boletín informativo estadísticas del sector lácteo 2001 (MGAP, 2002), La citricultura en Uruguay contribución a su conocimiento (MGAP, 2003), Anuario Estadístico del año 2001 (MGAP, 2001), Anuario Estadístico del año 2011 (MGAP, 2011), Serie Histórica de DIEA (MGAP, 2012a), Dirección General Forestal (MGAP, 2000b), Boletín Estadístico del Banco Central del Uruguay Nº 138 (BCU, 1992) y Nº 164 (BCU, 1994), Anuario Estadístico del Instituto Nacional de Carnes (INAC, 1989; 1992; 2000;

2010). Para la producción forestal en el año 1990, se toma como producción total la producción exportada dado que no se encontraron registros de la producción total por género (MGAP, 2000b).

Se presentan las cantidades extraídas de nutrientes [N, P, K, Ca, magnesio (Mg) y S] para cada producción expresada en kg cada 1000 kg de producto (**Tabla 1**). En cada caso se indica si la información corresponde a base seca o húmeda. En algunas producciones no se presenta la información sobre la extracción de S y, en algunas hortalizas no se encuentra el valor de Ca y Mg, por lo que para los nutrientes y productos señalados

Tabla 1. Estimaciones utilizadas de la cantidad de nutrientes extraídos.

Producto	N	P	K	Ca	Mg	S	Información*	Fuente
	kg t ⁻¹ producto							
Trigo	21	4	4	0.4	3	2	BS	Ciampitti y García, 2007
Soja	55	6	19	3	4	3	BS	
Cebada	15	3	5	0.8	1	2	BS	Ciampitti y García, 2007; Mc Donald, 1999 ⁽¹⁾
Arroz	15	3	3	0.1	1	0.6	BS	
Maíz	15	3	4	0.2	2	1	BS	
Girasol	24	7	6	1	3	2	BS	
Sorgo	20	4	4	0.9	1	2	BS	
Caña de azúcar	3.4	0.6	3	0.5	0.5	0.2	BS	Promedio calculado a partir de valores citados por Erner et al., 1999; Ciampitti y García, 2007
Cítricos	1.61	0.21	1.94	0.8	0.18	0.5	BF	
Manzana	2.5	0.4	1.4	0.6	0.1	sd [†]	BF	Ciampitti y García, 2008
Pera	1.7	0.3	2.4	0.3	0.2	sd	BF	
Uva	4.4	0.7	5	2.7	0.7	sd	BF	
Durazno	2.8	0.5	3	0.2	0.3	sd	BF	
Papa	3.5	0.7	5.4	0.1	sd	sd	BF	
Cebolla	2.5	0.4	2.4	0.8	0.3	0.2	BF	
Tomate	1.9	0.2	3.1	0.1	0.1	0.1	BF	
Boniato	3	0.5	5	sd	sd	sd	BF	
Zanahoria	2	0.4	4	sd	sd	sd	BF	
Zapallo	1	0.2	1.5	sd	sd	sd	BF	Calculado a partir de Hernández et al., 2010
Eucalipto	0.62	0.07	0.39	1.36	0.3	sd	BS	
Pino	0.8	0.2	0.3	0.6	0.2	sd	BS	Calculado a partir de del Pino et al., 2010
Leche**	5.00 ⁽¹⁾	1.19	1.52	1.22	0.12	0.33 ⁽¹⁾	BF	Park, 1992; Park, 2009; Mc Donald, 1999 ⁽¹⁾
Carne	38.00 ⁽²⁾	1.7	3.42	0.11	0.25	3.20 ⁽²⁾	BF	Belitz, 1997; Fennema, 2000 ⁽²⁾
Lana	103	3	1.2	4.6	1.2	22	BS	Barbazán et al., 2011b
Hueso	57.00 ⁽²⁾	125	0.56	267	4.4	4.80 ⁽²⁾	BF	Swenson y Reece, 1999; Fennema, 2000 ⁽²⁾

* BS = base seca; BF = base fresca

** Densidad = 1.25 g.L⁻¹

† sd = sin datos

⁽¹⁾ Relación N:S de 15:1

⁽²⁾ Se asume un 20% de proteína en carne y 30% en hueso: con 19% N y un 1.6% de S

debe considerarse el balance para las producciones que presentan la información y tomar el valor total del balance con las limitantes indicadas.

En la producción agrícola, la extracción está expresada en base seca, por lo que se corrigió de acuerdo al porcentaje de humedad de los granos: trigo, cebada y soja 13%; sorgo y maíz 14%; y girasol 14.5% (Barbazán et al., 2011a); y arroz 13% (ACA, 2013). Para caña de azúcar se consideró 30% de materia seca (Guerra, 2011).

En la extracción de nutrientes de la producción de carne se incluyó la extracción realizada en la carne y en los huesos, ya que contienen la mayor parte de los minerales extraídos por los animales (más del 90% del Ca y 80% del P) (Engelhardt y Breves, 2005). En la carne bovina se consideró una producción de 50 kg de hueso total por cabeza de bovino faenada y en la carne exportada con hueso se consideró una relación de 15.6% de hueso en relación al peso de la res (Garriz, 2000). En la carne de ovino se consideró un 19.9 y 27.2% de hueso (Bianchi et al., 2006) según sea cordero pesado o liviano, respectivamente.

Para la producción de leche, se consideró la remoción de nutrientes en el producto leche mientras que los animales que salen de la producción láctea para faena se cuentan en la producción de carne, con la extracción de hueso y carne.

En la producción de lana, el registro se basa en lana sucia esquilada en t, este valor se utilizó tanto para la producción total como la exportada, ya que en Uruguay se procesa lana de otros países y luego se reexporta. Dada la heterogeneidad de la lana esquilada, se analiza su composición considerando: i) las distintas partes que conforman la muestra (restos vegetales, minerales, grasas, fibra de lana), ii) se lleva la muestra a peso seco (a 105°C), y iii) luego a ese peso se le agrega un porcentaje de humedad estándar según el producto considerado, por ejemplo en tops es de 18.25% (Pérez Atchugarry, 2012) de humedad. Para este trabajo se utilizan los datos de lana lavada y seca, a partir de datos de cinco zafras del Laboratorio de Lanas del SUL (com. pers., 2014), donde el promedio de rendimiento al lavado fue de 77% y en el peso el porcentaje de humedad agregado fue de 17%.

Las cantidades de nutrientes contenidos en la lana (**Tabla 1**) corresponden a material de enmienda que estuvo a la intemperie y pudo haber sufrido lixiviación de nutrientes (Barbazán, 2013, com. pers.). De todos modos, se optó por esta información dado que no se encontraron fuentes que reportaran todos los nutrientes de interés. Para analizar los resultados y por lo mencionado anteriormente, se puede estar subestimando la cantidad de nutrientes extraídos.

A la extracción de nutrientes en la producción pecuaria, se le restaron los aportes del campo natural de 5 kg N ha⁻¹ año⁻¹ y de las praderas artificiales (leguminosas) de 200 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (Manchado, 2010). Para el cultivo de soja

se asumió un 50% de aporte proveniente de la fijación biológica del N, dado que entre el 25 y 75% del N proviene de la fijación biológica de N (Deibert et al., 1979, citado por Rao y Reddy, 2010).

Para lana, carne ovina y bovina se asume que comparten la misma superficie y para asignarle el aporte de N del campo natural se divide el aporte entre tres, por lo que se le asigna un tercio del aporte a cada producción. Además a la carne bovina y a la lechería se le suman los aportes de las pasturas artificiales (leguminosas) y la superficie de pasturas mejoradas (gramíneas y campo natural fertilizado), en ambas se divide entre dos para asignarle mitad de superficie a la carne bovina y mitad a la lechería.

Para expresar la producción de pino y eucalipto en toneladas se corrigió por la densidad de la madera 0.47 g cm⁻³ (Raven et al., 1992) y 0.553 g cm⁻³ (Toval, 2010), respectivamente. En pino se adaptaron los datos de extracción de nutrientes de trozas en tala rasa presentados por del Pino et al. (2010). Para eucalipto se adaptaron los datos de Hernández et al. (2010).

En producción forestal y de carne, no se corrige la extracción de nutrientes a un año (total de extracción en la cosecha o faena dividido los años promedio del rodal o edad promedio de faena), dado que en ese mismo año otros rodales forestales y categorías de ganado están extrayendo nutrientes. Por la forma de cálculo, se asumió que se contemplan estas extracciones. De lo contrario este tipo de producciones requiere contabilizar las extracciones de acuerdo a los inventarios nacionales donde se discrimina cada rodal forestal, la categoría en el caso del ganado y el nivel de extracción acorde a la categoría.

La información correspondiente a las importaciones de fertilizantes y materias primas de los años 1990, 2000 y 2010, fue proporcionada por la División de Fertilizantes del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. En esa información los fertilizantes líquidos fueron corregidos por la densidad para ser expresados en masa (t). Para cada año se calculó la cantidad de nutrientes (t) contenidos en todos los fertilizantes importados.

A cada producción se le asignó una cantidad de los nutrientes importados, considerando si reciben fertilizaciones. Las producciones que se realizan total o parcialmente sobre campo natural no reciben fertilizaciones. En la ganadería bovina y lechería, se suman la superficie de las praderas artificiales y el campo mejorado, y sólo se consideran fertilizaciones con N y P. El S se utiliza para la elaboración de superfosfato común (Bordoli, 2008), por lo que se asume que no se fertiliza con S en ninguna producción.

Las producciones intensivas (frutales no cítricos, cítricos y hortalizas) son las que reciben fertilizaciones con K, Ca y Mg, además de N y P (Bordoli, 2008). Se asumió la fertilización con K, Ca y Mg para el año 2010 sólo en

producciones intensivas, si bien para el año 2010 fuera posible la fertilización con K para la agricultura. En el resto de las producciones se asumió que solo reciben fertilizaciones con N y P.

La cantidad de nutriente asignada a una producción en particular, consistió en dividir el total del nutriente de los fertilizantes, entre la sumatoria de las superficies ocupadas por las producciones que recibieron ese nutriente a través de fertilizaciones. Luego, la cantidad de nutriente por unidad de superficie se multiplicó por la superficie de la producción en cuestión.

Se hicieron dos balances de nutrientes, para cada año en particular, en uno se consideró la cantidad de nutrientes en la producción total y en el otro balance la producción exportada. Las entradas para el balance de los productos exportados son proporcionales a la cantidad de nutrientes asignados al total de la producción respecto a la producción exportada. Se calculó la diferencia entre las entradas (fertilizantes independientemente de las pérdidas por eficiencia de aplicación o destino del fertilizante) y las salidas (productos) del sistema. Cuando la diferencia fue negativa se consideró como una pérdida neta, un valor cercano al neutro se tomó como próximo al equilibrio, y un valor positivo podría indicar exceso, dependiendo de las características del sistema evaluado.

La cantidad de nutrientes también se expresó como fertilizantes para valorizarlos. Para esto último se eligieron los fertilizantes con mayor cantidad importada en Uruguay: urea (46-0-0), fosfato de amonio (18-46 P₂O₅-0; 18-20 P-0) y cloruro de potasio (0-0-60 K₂O, 0-0-50 K). Se valoró en dólares (valor CIF), según el precio de la tonelada para el año señalado, calculado a partir de la información de la División de Fertilizantes del MGAP. En P también se realizó el cálculo considerando como fuente fosforita (36% de P₂O₅), para comparar los resultados con una fuente que es utilizada en el país y que sólo aporta P. El S se valoriza considerando un 90% de S elemental. Para Ca y Mg se calculó en base a caliza (CaCO₃, 40% de Ca) y dolomita (CaCO₃ • MgCO₃, 21.6% de Ca y 13.1% de Mg), la valorización se hizo sólo para el año 2010 y el precio se obtuvo de la consulta a comercializadoras locales.

Resultados y discusión

Es necesario considerar que por la escala y la forma de cálculo, con estos datos no es posible establecer como es el comportamiento o balance de cada nutriente en un suelo en particular o a nivel predial. Dado que por ejemplo, a nivel de un suelo, exigiría considerar el suministro del mismo a través de distintos procesos de: fijación, acumulación, reciclaje en el suelo, pérdidas, etc. procesos que dependen del tipo de suelo, historia de uso

Tabla 2. Superficie total (miles de ha), producción total (t) y producción exportada (t) según actividad para los años 1990, 2000 y 2010 en Uruguay.

Año	1990			2000			2010		
	Sup. total ³ miles de ha	Prod. total miles de t	Prod. exp. miles de t	Sup. total miles de ha	Prod. total miles de t	Prod. exp. miles de t	Sup. total miles de ha	Prod. total miles de t	Prod. exp. miles de t
Hortalizas	25	208.89	0.00	19	244.64	0.21	14	220.79	1.16
Frutos no cítricos	25	186.47	0.00	16	223.42	6.75	15	202.58	5.35
Cítricos	21	209.83	0.00	22	217.00	74.00	17	315.21	150.28
Soja	29	37.00	0.00	12	27.60	0.00	862	1541.00	645.10
Trigo	228	542.40	153.87	128	324.40	12.20	404	1300.70	1407.43
Cebada	91	202.60	118.80	92	228.80	156.86	62	186.40	274.76
Maíz	61	112.30	0.01	57	262.80	22.92	81	286.20	237.59
Sorgo	26	59.40	0.60	38	158.90	0.00	31	123.40	0.20
Girasol	59	28.70	0.02	49	58.30	3.83	3	3.90	0.86
Arroz	78	347.30	287.30	154	1030.20	741.38	196	1643.00	790.74
Caña de azúcar	10	682.80	0.00	3	149.50	0.00	7	313.30	0.00
Forestación ¹	170	46.47	46.47	554	3022.29	611.65	951	6470.37	4582.79
Carne bovina ²	14 600	282.36	154.60	13 565	355.54	267.43	13 368	435.31	348.68
Leche	1064	1.17	0.19	993	1.68	0.60	857	2.21	1.33
Carne ovina ²	14 600	51.74	23.12	13 565	39.91	17.91	13 368	24.80	15.94
Lana	14 600	96.30	96.30	13 565	57.40	57.40	13 368	32.00	32.00
Total	16 486	3095.73	881.27	15 702	6402.36	1973.13	16 867	13 101.15	8494.04

¹ Para 1990 se toma como valor de producción el exportado

² En el cálculo de nutrientes incluye la extracción de la carne y del hueso

³ En algunas producciones se superpone la superficie

y manejo, tipo de fertilizantes aplicados, etc. Además, la forma de asignación de nutrientes asumió que las producciones que reciben fertilizantes, reciben en toda la superficie la misma cantidad, aspecto que en realidad varía en cada producción y en cada sitio.

Producción total del país

En el año 2010 la producción total del país medida en cantidad de producto (t) fue cuatro veces mayor a la de 1990, destacándose la producción forestal, como resultado de las implantaciones realizadas durante la década del 90 (**Tabla 2**). La exportación de la producción aumentó de 28% en el año 1990 a 65% en el año 2010. A partir del año 2000 la producción agrícola en condiciones de secano exportada comenzó a aumentar, superando en el año 2010 a la producción de arroz regado exportada, explicado por el aumento del área sembrada con soja.

Las producciones de soja, trigo, maíz, arroz y forestación aumentaron su producción y superficie. La superficie y producción de sorgo se mantuvo estable. En las producciones vegetales intensivas y en la lechería se redujo la superficie, pero la producción aumentó debido a cambios tecnológicos, como la incorporación del riego, variedades, reservas forrajeras, entre otros. La producción de carne bovina aumentó pero redujo su superficie. La producción ovina de carne y lana redujo su superficie y producción (**Tabla 2**).

Los cambios tecnológicos han propiciado la intensificación de los sistemas productivos, aumentando el rendimiento por superficie y, en consecuencia, la extracción de nutrientes (**Tabla 3**). Por ejemplo, para arroz, las extracciones de N para 1990 fue de 58 kg ha⁻¹, en los años 2000 y 2010 estuvo en 87 y 109 kg ha⁻¹ respectivamente. En hortalizas, las extracciones de K, en el año 1990 eran de 37 kg ha⁻¹, aumentando a 57 y 70 kg ha⁻¹ en los años 2000 y 2010 respectivamente (**Tabla 3**).

Fertilizantes importados

Para los tres años analizados, la cantidad total de fertilizantes importados ha aumentado casi seis veces, de 160 a 880 miles de t desde 1990 a 2010. Los fertilizantes más importantes en 2010 en volumen fueron: urea (29%), fosfato de amonio (30%) y cloruro de potasio (5%). En relación a los nutrientes importados, la mitad fue N, el 30% fue P, y el resto de los nutrientes se presentaron con valores inferiores al 10%, por lo que los nutrientes secundarios se encontraron como acompañantes de los macronutrientes.

En Ca y Mg, las cantidades de nutrientes importados fueron bajas, pero debe considerarse que en Uruguay existen fuentes de materiales ricos en Ca y Mg, como son caliza y dolomita. Las extracciones de caliza tienen fines industriales y para encalado de suelos, en los registros consultados del Ministerio de Industria, Energía y Minería (2012) no se especifican los distintos usos. A modo informativo, en los años 2000 y 2010, las extracciones de

caliza fueron de 1259 y 1432 mil t, respectivamente. Las extracciones de dolomita, para los años citados, fueron de 8.2 y 18.5 mil t respectivamente, donde tampoco se especifica el uso.

El aumento en la cantidad de fertilizantes importados entre 1990 y 2010 se debió a los incrementos en área de varios cultivos (**Tabla 2**) y también a los aumentos del aporte de nutrientes por ha (**Tabla 3**). El aporte teórico estimado paso de 11 kg ha⁻¹ en 1990 a 29 kg ha⁻¹ en 2010 para N, y de 6 kg ha⁻¹ en 1990 a 15 kg ha⁻¹ en 2010 para P.

Balance de nutrientes. Producción total-fertilizantes importados

El valor total del balance (**Tabla 4**) intenta reflejar a nivel global si los nutrientes importados cubren o no la demanda de todas las producciones, si el suministro fuera exclusivamente de éstos. El balance de cada producción puede diferir del resultado global e indica la tendencia y magnitud en cuanto a pérdidas o excesos frente a un suministro teórico, donde las extracciones de la producción comercializada son un valor de base o "mínimo".

En el año 1990 con el aporte del campo natural y de las pasturas mejoradas, se cubrieron las necesidades de las producciones pecuarias (**Tabla 4**). En el conjunto de las producciones el N fue el único nutriente con balance positivo con 7400 t, con aportes de carne bovina y lechería. Asimismo, el nutriente que se observó con mayor pérdida fue el Ca con 17 mil t donde la producción de carne bovina tuvo una incidencia del 66% y esto significó alrededor de 1 kg Ca ha⁻¹ (**Tabla 4**).

En el año 2000, se registró un incremento en la importación de N y P, y sólo se registran excesos de N y P en carne bovina, leche y forestación. Sin embargo, las importaciones de K y los nutrientes secundarios se mantuvieron en cantidades similares a las del año 1990, pero con niveles mayores de extracción, por lo que el balance de éstos nutrientes siguió una tendencia negativa en la mayor parte de las producciones, excepto en las producciones vegetales intensivas donde se aplican con frecuencia y en cantidades importantes. Las pérdidas para el resto de las producciones en K, Ca, Mg y S se estimaron en 5, 31, 4 y 5 mil t, respectivamente.

En el año 2010, en el total de la producción, el exceso de N y P fue de 74 y 55 mil t, respectivamente. En N, las producciones que contribuyeron a este exceso fueron la lechería, carne bovina y forestación en 47, 47 y 23 mil t, representando 29, 29 y 24 kg N ha⁻¹. En P, los excesos se observaron en lechería, forestación y carne bovina siendo de 25, 14 y 10 mil t, representando por unidad de superficie 15, 15 y 6 kg P ha⁻¹. En cambio, la pérdida más importante de N se estimó en arroz, trigo y soja, con 16, 12 y 12 mil t, que representaron una pérdida de 81, 30 y 14 kg N ha⁻¹.

Tabla 3. Rendimiento, aporte teórico de nutrientes por los fertilizantes¹ y extracción de nutrientes para las diferentes producciones para los años 1990, 2000 y 2010 en Uruguay.

Nutriente	Aporte teórico de nutrientes	Extracción de nutrientes															
		Hortalizas	Frutales no cítricos	Cítricos	Soja	Trigo	Cebada	Maíz	Sorgo	Girasol	Arroz	Caña de azúcar	Forestación ²	Carne bovina ³	Leche	Carne ovina ³	Lana
1990																	
Rend.	-	8293	7505	9906	1298	2380	2236	1850	2267	489	4447	66 291	273	24	1	4	7
N	11	24	28	16	31	43	29	24	39	10	58	68	0.17	0.94	0.0055	0.215	0.43
P	6	4	4	2	0.2	8	6	5	8	3	12	12	0.02	0.48	0.0013	0.182	0.01
K	62 ⁴	37	30	19	21	8	10	6	8	3	12	60	0.11	0.07	0.0017	0.013	0.01
Ca	54 ⁴	4	14	8	3	1	2	0.3	2	0.4	0.4	10	0.37	0.96	0.0013	0.377	0.02
Mg	0 ⁴	2	4	2	5	6	2	3	2	1	4	10	0.08	0.02	0.0001	0.007	0.01
S	0 ⁵	2	sd	5	3	4	4	2	4	1	2	4	sd	0.08	0.0004	0.018	0.09
2000																	
Rend.	-	13 105	13 680	10 046	2300	2534	2482	4594	4138	1195	6703	53 393	5455	31	2	3	4
N	13	37	47	16	55	46	32	59	71	25	87	54	4	1.39	0.0084	0.183	0.28
P	6	7	8	2	12	9	6	12	14	7	17	10	1	0.90	0.0020	0.161	0.01
K	128 ⁴	57	48	19	38	9	11	16	14	6	17	48	2	0.09	0.0026	0.011	0.00
Ca	49 ⁴	5	22	8	8	1	2	1	3	1	1	8	6	1.83	0.0021	0.334	0.01
Mg	0.3 ⁴	3	6	2	8	7	2	8	4	3	6	8	1	0.04	0.0002	0.006	0.00
S	0 ⁵	2	sd	5	6	4	4	4	7	2	3	3	sd	0.12	0.0006	0.015	0.06
2010																	
Rend.	-	16 212	13 915	18 542	1787	3220	3011	3538	3930	1258	8383	48 200	6804	39	3	2	2
N	29	45	49	30	43	59	39	46	68	26	109	49	4	1.71	0.0129	0.118	0.16
P	15	8	8	4	9	11	8	9	14	8	22	9	1	1.09	0.0031	0.108	0.00
K	512 ⁴	70	50	36	30	11	13	12	14	6	22	43	3	0.12	0.0039	0.007	0.00
Ca	196 ⁴	8	23	15	5	1	2	1	3	1	1	7	9	2.20	0.0031	0.224	0.01
Mg	2 ⁴	3	6	3	6	8	3	6	3	3	7	7	2	0.04	0.0003	0.004	0.00
S	0 ⁵	3	sd	9	5	6	5	3	7	2	4	3	sd	0.14	0.0009	0.010	0.03

¹ En base a las superficies de producción que se fertilizan

² Para 1990 se toma como valor de producción el exportado

³ En el cálculo de nutrientes incluye la extracción de la carne y del hueso

⁴ Sólo superficie de producciones intensivas

⁵ Es materia prima para fosfatados, no se fertiliza con S

Tabla 4. Balance de nutrientes entre producción total y nutrientes aportados mediante fertilizantes para los años 1990, 2000 y 2010 en Uruguay.

Nutriente	1990											2000											2010																												
	Hortalizas	Frutales no cítricos	Cítricos	Soja	Trigo	Cebada	Maíz	Sorgo	Girasol	Arroz	Caña de azúcar	Forestación ¹	Carne bovina ²	Leche	Carne ovina ²	Lana	Total	Hortalizas	Frutales no cítricos	Cítricos	Soja	Trigo	Cebada	Maíz	Sorgo	Girasol	Arroz	Caña de azúcar	Forestación ¹	Carne bovina ²	Leche	Carne ovina ²	Lana	Total	Hortalizas	Frutales no cítricos	Cítricos	Soja	Trigo	Cebada	Maíz	Sorgo	Girasol	Arroz	Caña de azúcar	Forestación ¹	Carne bovina ²	Leche	Carne ovina ²	Lana	Total
N	-317	-410	-104	-571	-7398	-1645	-780	-733	58	-3672	-583	1844	10 854	10 854	0	0	7397	-448	-560	-76	-508	-4304	-1817	-2665	-2246	-578	-11 496	-117	4922	37 929	22 796	0	0	40 831	-42	sd	-109	-72	-564	-398	-226	-273	-100	-538	-9	sd	-1584	-0.6	-209	-807	-4931
P	52	49	92	-10	-423	54	100	-36	206	-404	-57	1089	6329	6329	-2664	-185	3518	-9	-23	88	-70	-338	-27	-324	-309	-47	-1739	-10	3051	6283	11 118	-2185	-110	15 348	1326	1303	2341	-456	-1129	-995	-904	-547	-299	-2689	-135	-1066	-2.5	-146	-44	-4711	
K	649	813	916	-612	-1888	-881	-386	204	-147	-906	-615	-18	-995	-1.8	-189	-74	-4539	812	439	876	-97	-113	-159	-45	-123	-50	-22	-3157	-24 847	-2.0	-4527	-169	-31 274	812	439	876	-97	-113	-159	-45	-123	-50	-22	-3157	-24 847	-2.0	-4527	-169	-31 274		
Ca	1273	1007	980	-97	-189	-141	-19	-46	-25	-30	-102	-63	-13 966	-1.4	-5509	-283	-17 211	812	439	876	-97	-113	-159	-45	-123	-50	-22	-3157	-24 847	-2.0	-4527	-169	-31 274	812	439	876	-97	-113	-159	-45	-123	-50	-22	-3157	-24 847	-2.0	-4527	-169	-31 274		
Mg	-43	-95	-38	-129	-1416	-176	-193	-51	-74	-302	-102	-14	-300	-0.1	-104	-74	-3111	-41	-93	-32	-96	-847	-199	-452	-137	-150	-896	-22	-781	-498	-0.2	-85	-44	-4373	-41	-93	-32	-96	-847	-199	-452	-137	-150	-896	-22	-781	-498	-0.2	-85	-44	-4373
S	-38	sd	-105	-97	-944	-353	-97	-102	-49	-181	-41	sd	-1154	-0.4	-265	-1354	-4779	-42	sd	-109	-72	-564	-398	-226	-273	-100	-538	-9	sd	-1584	-0.6	-209	-807	-4931	-42	sd	-109	-72	-564	-398	-226	-273	-100	-538	-9	sd	-1584	-0.6	-209	-807	-4931
N	-223	-290	-20	-12 126	-12 169	-656	-1370	-1221	9	-15 816	-133	23 216	47 164	47 164	0	0	73 530	-223	-290	-20	-12 126	-12 169	-656	-1370	-1221	9	-15 816	-133	23 216	47 164	47 164	0	0	73 530	-223	-290	-20	-12 126	-12 169	-656	-1370	-1221	9	-15 816	-133	23 216	47 164	47 164	0	0	73 530
P	96	107	192	5042	1606	453	490	52	24	-1313	42	13 934	10 431	24 941	-1442	-61	54 592	96	107	192	5042	1606	453	490	52	24	-1313	42	13 934	10 431	24 941	-1442	-61	54 592	96	107	192	5042	1606	453	490	52	24	-1313	42	13 934	10 431	24 941	-1442	-61	54 592
K	6031	6727	8100	-25 473	-4526	-811	-1985	-424	-20	-4288	-282	-2490	-1550	-3.4	-91	-25	-20 111	6031	6727	8100	-25 473	-4526	-811	-1985	-424	-20	-4288	-282	-2490	-1550	-3.4	-91	-25	-20 111	6031	6727	8100	-25 473	-4526	-811	-1985	-424	-20	-4288	-282	-2490	-1550	-3.4	-91	-25	-20 111
Ca	2561	2511	3076	-4022	-453	-130	-49	-96	-3	-143	-47	-8520	-29 467	-2.7	-2993	-94	-37 872	2561	2511	3076	-4022	-453	-130	-49	-96	-3	-143	-47	-8520	-29 467	-2.7	-2993	-94	-37 872	2561	2511	3076	-4022	-453	-130	-49	-96	-3	-143	-47	-8520	-29 467	-2.7	-2993	-94	-37 872
Mg	-17	-61	-20	-5363	-3395	-162	-492	-106	-10	-1429	-47	-1904	-594	-0.3	-55	-25	13 681	-17	-61	-20	-5363	-3395	-162	-492	-106	-10	-1429	-47	-1904	-594	-0.3	-55	-25	13 681	-17	-61	-20	-5363	-3395	-162	-492	-106	-10	-1429	-47	-1904	-594	-0.3	-55	-25	13 681
S	-39	sd	-158	-4022	-2263	-324	-246	-212	-7	-858	-19	sd	-1922	-0.7	-133	-450	-10 654	-39	sd	-158	-4022	-2263	-324	-246	-212	-7	-858	-19	sd	-1922	-0.7	-133	-450	-10 654	-39	sd	-158	-4022	-2263	-324	-246	-212	-7	-858	-19	sd	-1922	-0.7	-133	-450	-10 654

¹ Para 1990 se toma como valor de producción el exportado² En el cálculo de nutrientes incluye la extracción de la carne y del hueso

En 2010, el P presentó balance negativo en arroz con 1300 t (alrededor de 7 kg P ha⁻¹) con la particularidad de que la forma de cultivo inundado aumenta la disponibilidad del P y a su vez en suelos con valores de 7-8 ppm el agregado de P no tiene respuesta (Hernández citado por Bordoli, 2008). La carne ovina y lana, presentan un balance negativo insignificante de alrededor de 0.1 kg P ha⁻¹, y el resto de las producciones presentan leve exceso o están en equilibrio.

En relación a K, Ca y Mg, estos nutrientes se asignaron a las producciones intensivas, resultando en exceso para K y Ca, y pérdida neta de Mg. Para el resto de las producciones, en el periodo evaluado, se observaron pérdidas netas de los tres nutrientes. Para éstos últimos, las pérdidas observadas en el balance del año 2010 en el total de las producciones fueron de 20, 38 y 14 mil t de K, Ca y Mg, respectivamente, donde el cultivo de soja produce la mayor pérdida en el entorno de las 25 mil t de K, 4 mil t de Ca y 5 mil t de Mg. En la producción forestal y de carne bovina también se destaca la pérdida en Ca con alrededor de 9 y 29 mil t, respectivamente, aunque llevado a unidad de superficie representan 9 y 2 kg ha⁻¹, respectivamente. El S registra pérdidas netas en el balance total de las producciones con 11 mil t, en particular en cultivos como soja y trigo las pérdidas son de 4 y 2 mil t, y en carne bovina de 2 mil t, mientras las otras producciones presentan pérdidas con valores menores a 900 t.

Valorización del Balance

Los excesos de N valorizados en 1990 fueron equivalentes a 16 mil t de urea valorizadas en 2.4 millones de US\$ (Tabla 5). Para P, el exceso de 17 mil t de fosfato de amonio se valoriza en 3.4 millones de US\$. Las pérdidas netas de K, Ca, Mg y S, fueron estimadas en 9, 7, 24 y 5 mil t de KCl, caliza, dolomita y azufre respectivamente.

En el año 2000 se presentaron excesos en N y P, que expresados como fertilizantes fueron 91 mil t de urea y 76 mil t de fosfato de amonio con valores de 13 y 15 millones de US\$. Las pérdidas de los demás nutrientes expresadas como KCl, caliza, dolomita y azufre fueron de 9, 13, 33 y 5 mil t (Tabla 5).

Para el año 2010, los excesos de N expresados como urea se estimaron en 163 mil t con un valor de alrededor de 24 millones de US\$. Si se observan las producciones en particular, las únicas que presentaron exceso de N son la ganadería bovina, la lechería y la forestación, estos excesos valorizados representan 15, 15 y 8 millones de US\$ respectivamente (Tabla 5).

Las pérdidas de K, Ca, Mg y S para el año 2010 expresados como KCl, caliza, dolomita y azufre representaron unos 40, 15, 104, 12 mil t, con un valor aproximado de 5, 2, 13 y 1.5 millones de US\$ respectivamente. La producción con mayor pérdida de K, Mg y S fue la de soja, con alrededor de 51 mil t de KCl, 41 mil t de dolomita y 4 mil t de azufre,

equivalentes a 7.5 y 0.5 millones de US\$ respectivamente (Tabla 5).

La valorización de P como fosforita (00-36-00) del exceso fue de 347 mil t valorizado en aproximadamente 22 millones de US\$.

La suma de los excesos de N como urea y P como fosforita representan 46 millones de US\$. Las pérdidas de K, Ca, Mg y S fueron alrededor de 21 millones de US\$. Las pérdidas valorizadas se pueden interpretar como el costo de los nutrientes que se extrajeron del suelo. En el caso de los excesos de nutrientes, representan una fuente potencial de contaminación para cursos de agua y una reducción en la eficiencia productiva. Esto implicaría pérdidas económicas, ya sea por excesos y pérdidas que no son considerados en los resultados económicos de los distintos sistemas productivos.

Balance de nutrientes. Producción exportada-fertilizantes importados

El balance para la producción exportada en 1990 presenta exceso para N y P en 3 mil t y 0.7 mil t respectivamente. Para K, Ca, Mg y S, la tendencia es a la pérdida, pero no superan las 5 mil t. Las producciones que presentaron mayores pérdidas fueron arroz, trigo y cebada. En 1990, los excesos valorizados de N fueron de 0.9 millones de US\$ como urea y en P de 0.3 millones de US\$ como fosforita (Tabla 6).

En el año 2000, los excesos de N fueron de 20 mil t valorizados como urea en 6 millones de US\$ y en 3 mil t de P valorizadas en 1.3 millones de US\$ como fosforita. La tendencia de K, Ca, Mg y S, fue a la pérdida no superando las 3 mil t para cada nutriente (Tabla 6).

En el año 2010, las extracciones aumentaron siete veces en relación al año 1990. En N y P siguió la tendencia del año 2000 al aumento de los excesos, estos fueron de 47 mil t de N y 28 mil t de P, valorizados en 15 millones de US\$ como urea y 11 millones de US\$ como fosforita. La tendencia fue a la pérdida para K, Ca, Mg y S con valores de 17, 8, 7 y 6 mil t respectivamente. Estos valorizados como KCl, caliza, dolomita y S, representan 4, 0.4, 7 y 0.9 millones de US\$. Las pérdidas por producción fueron mayores para K, Mg y S en soja y trigo. Para Ca se destaca la pérdida en forestación (Tabla 6).

La diferencia en el balance de la producción total y la exportada en el año 2010, se puede deber a la fuerte participación de la agricultura en las exportaciones, donde el 29% del N extraído en la producción total se exporta como granos de soja y trigo, cuando las extracciones en 1990 para trigo y cebada representaban sólo el 8%. Para K, en soja y trigo se exportaron el 22 y 10% del K extraído en la producción total cuando en 1990 lo exportado era alrededor del 11% de trigo y cebada. En Mg, la pérdida más alta fue para la producción exportada de trigo con 20% de un total de extracción de 14 mil t en la producción total. En la producción exportada, las pérdidas totales se

Tabla 5. Balance de nutrientes valorizado como fertilizantes para los años 1990, 2000 y 2010 en Uruguay.

Nutriente	miles US\$													Total			
	Hortalizas	Frutales no cítricos	Cítricos	Soja	Trigo	Cebada	Maíz	Sorgo	Girasol	Arroz	Caña de azúcar	Forestación ¹	Carne bovina ²		Leche	Carne ovina ²	Lana
1990																	
Urea	-103	-133	-34	-185	-2400	-534	-253	-238	19	-1191	-189	598	3521	3521	0	0	2400
Fosforita	21	20	37	-4	-172	22	41	-15	84	-165	-23	443	-274	2575	-1084	-75	1431
Fosfato de amonio	50	47	88	-9	-403	51	96	-34	196	-386	-54	1039	-643	6040	-2542	-176	3358
KCl	172	215	242	-162	-499	-233	-102	-54	-39	-240	-163	-5	-263	-0.5	-50	-20	-1200
S	-5	sd	-14	-13	-128	-48	-13	-14	-7	-25	-6	sd	-156	-0.1	-36	-184	-648
2000																	
Urea	-145	-182	-25	-165	-1396	-590	-865	-729	-187	-3730	-38	1597	12 305	7395	0	0	13 247
Fosforita	-4	-9	36	-28	-137	-11	-132	-126	-19	-707	-4	1241	2556	4523	-889	-45	6244
Fosfato de amonio	-9	-22	84	-67	-322	-26	-310	-295	-45	-1659	-9	2911	5996	10 610	-2085	-105	14 646
KCl	351	344	619	-121	-292	-263	-239	-145	-79	-711	-36	-282	-335	-0.7	-39	-12	-1246
S	-6	sd	-15	-10	-77	-54	-31	-37	-14	-73	-1	sd	-215	-0.1	-28	-109	-668
2010																	
Urea	-72	-94	-6	-3934	-3948	-213	-445	-396	3	-5131	-43	7532	15 301	15 301	0	0	23 855
Fosforita	39	43	78	2051	653	184	199	21	10	-534	17	5669	4243	10 146	-587	-25	22 209
Fosfato de amonio	92	102	183	4811	1532	432	467	50	23	-1253	40	13 298	9954	23 802	-1376	-59	52 098
KCl	1595	1779	2142	-6736	-1197	-214	-260	-112	-5	-1134	-75	-659	-410	-0.9	-24	-6	-5318
Caliza	113	110	135	-177	-20	-6	-2	-4	0	-6	-2	-375	-1297	-0.1	-132	-4	-1666
Dolomita	-16	-56	-18	-4912	-3110	-149	-451	-97	-9	-1309	-43	-1744	-544	-0.2	-51	-22	-12 532
S	-5	sd	-21	-545	-307	-44	-33	-29	-1	-116	-3	sd	-261	-0.1	-18	-61	-1444

¹ Para 1990 se toma como valor de producción el exportado² En el cálculo de nutrientes incluye la extracción de la carne y del hueso

Tabla 6. Balance de nutrientes de la producción exportada y su valorización como fertilizantes para los años 1990, 2000 y 2010 en Uruguay.

Nutriente	Balance de nutrientes											- Balance valorizado fertilizante				
	Frutales no cítricos	Cítricos	Soja	Trigo	Cebada	Maíz	Girasol	Arroz	Forestación ¹	Carne bovina ²	Leche	Carne ovina ²	Lana	Total	Fertilizante	Total
----- t ----- miles US\$ -----																
1990																
N	0	0	0	-1810	-965	-0.06	0.04	-3037	1844	5112	1716	0	0	2860	Urea	926
P	0	0	0	-106	31	-0.01	0.13	-335	1089	-148	1001	-638	-185	711	Fosforita Fosfato de amonio	289 678
K	0	0	0	-471	-517	-0.03	-0.09	-750	-18	-534	-0.28	-82	-74	-2447	KCl	-648
Ca	0	0	0	-50	-83	0.00	-0.02	-30	-63	-2735	-0.23	-1281	-283	-4524	-	-
Mg	0	0	0	-295	-103	-0.02	-0.05	-250	-14	-83	-0.02	-27	-74	-846	-	-
S	sd	0	0	-202	-207	-0.01	-0.03	-181	sd	-544	-0.06	-97	-1354	-2585	S	-350
2000																
N	-11	-26	0	-140	-1246	-232	-38	-8273	916	21 078	8093	0	0	20 120	Urea	6527
P	-0.5	30	0	-11	-19	-28	-3	-1251	416	559	3947	-415	-110	3115	Fosforita Fosfato de amonio	1267 2972
K	21	798	0	-37	-682	-79	-20	-1935	-233	-917	-0.90	-63	-44	-3192	KCl	-844
Ca	5	299	0	-4	-109	-4	-3	-90	-784	-1381	-0.73	-822	-169	-3064	-	-
Mg	-1	-11	0	-23	-139	-39	-10	-645	-177	-89	-0.07	-18	-44	-1194	-	-
S	sd	-37	0	-16	-273	-20	-7	-538	sd	-880	-0.20	-72	-807	-2650	S	-359
2010																
N	-5	-9	-4476	-11 355	-656	-1137	2	-7612	16 205	27 523	28 474	0	0	-46 953	Urea	-15 232.2
P	2	91	1899	1529	453	406	5	-632	9027	534	15 057	-367	-61	27 944	Fosforita Fosfato de amonio	11 368.2 26 667.6
K	96	3862	-9429	-4310	-811	-817	-4.4	-2064	-1785	-1193	-2.03	-56	-25	-16 539	KCl	-4369.1
Ca	17	1466	-1459	-453	-130	-41	-0.7	-110	-6212	-358	-1.63	-728	-94	-8103	Caliza	-355.9
Mg	-1	-9	-1740	-2694	-162	-409	-2.2	-688	-1372	-92	-0.16	-16	-25	-7210	Dolomita	-6604.9
S	sd	-75	-1571	-1849	-324	-204	-1.5	-688	sd	-1122	-0.44	-64	-450	-6350	S	-860.8

¹ Para 1990 se toma como valor de producción el exportado

² En el cálculo de nutrientes incluye la extracción de la carne y del hueso

estimaron en alrededor de 12 millones de US\$, aspecto a tomar en cuenta al momento de evaluar los resultados económicos de las producciones y las medidas de manejo tendientes a mitigar estas pérdidas.

Síntesis final

- En los tres años analizados, la producción total se incrementó de 3 millones de t en 1990 a 13 millones de t en 2010 y la producción exportada fue de un 28% y un 65%, respectivamente. La extracción de nutrientes por unidad de superficie aumentó para todos los nutrientes, por ejemplo la tasa de extracción máxima para el cultivo de arroz en 1990 fue de 58 kg N ha⁻¹, mientras que en 2010 fue de 109 kg N ha⁻¹. El resultado de la intensificación del uso del suelo, donde además de las exportaciones tradicionales se han sumado otras con mayor extracción por unidad de superficie, exige un mejor seguimiento de las producciones para asegurar el agregado de nutrientes cuando corresponda.
- El balance correspondiente a la producción total en 2010 mostró un signo positivo de 74 mil t de N, siendo las producciones con balance positivo la carne bovina, lechería y forestación, mientras que el resto de las producciones mostraron balances negativos para N, especialmente en arroz, soja y trigo.
- Para P, en 2010, el exceso fue de 55 mil t, equivalentes a 272 mil t de fosfato de amonio valorizado en 52 millones de US\$. Las producciones con mayor excedente fueron lechería, forestación y carne bovina.
- En referencia a K, Ca, Mg y S, la tendencia es a presentar pérdidas netas, siendo muy importantes cuantitativamente. Para el año 2010, el K estuvo en torno a 40 mil t en forma de cloruro de potasio; mientras que para Ca, Mg y S fue de aproximadamente 15, 104 y 12 mil t como caliza, dolomita y azufre respectivamente. En términos económicos estas pérdidas son equivalentes a 5, 2, 13 y 1.5 millones de US\$, respectivamente.
- En el balance de la producción exportada surge que, para el año 1990 se observa un leve exceso de 3 y 0.7 mil t de N y P respectivamente. Para K, Ca, Mg y S la tendencia es a la pérdida con valores que no superan las 5 mil t.
- En 2010, las extracciones en la producción exportada aumentaron siete veces en relación al año 1990 y continúa la tendencia observada en el año 2000. Los excesos en 2010 fueron de 47 mil t de N y 28 mil t de P, valorizados en 15 millones de US\$ como urea y 11 millones de US\$ como fosforita. La tendencia fue a la pérdida para K, Ca, Mg y S con valores de 17, 8, 7 y 6 mil t respectivamente. Estos valorizados como KCl, caliza, dolomita y S, representan 4, 0.4, 7 y 0.9

millones de US\$. En las producciones las mayores pérdidas para K, Mg y S fueron en soja y trigo. Para Ca se destaca la pérdida en forestación.

- A modo de ejemplo, las pérdidas para la producción exportada en 2010 fueron en total de 12 millones de US\$, algo más de la mitad de los 21 millones de US\$ de la producción total. Por lo que, los excesos y pérdidas dejan en evidencia las ineficiencias económicas y productivas, además de potenciales riesgos ambientales. Estos costos se deberían considerar en los resultados económicos de las producciones en un escenario de producción y exportaciones crecientes.
- Por último, se deberían seguir mejorando estos cálculos a través de la consideración del suministro de los suelos y de la reserva que los suelos tienen de estos nutrientes. A su vez, los cálculos presentados intentan mostrar en que sentido se pueden dar pérdidas o excesos y de que magnitud, en un año en particular. Sin embargo, no indica como es el efecto acumulado de estas extracciones y otros procesos asociados de reciclaje de nutrientes, fijación, etc. por lo que sería interesante en próximos trabajos incorporar estos aspectos.

Bibliografía

- ACA. 2013. Guía de buenas prácticas. Asociación de Cultivadores de Arroz. Uruguay. Disponible en: http://www.aca.com.uy/images/stories/GUIA_DE_BUENAS_PRACTICAS_marzo_2013.pdf#zoom=100. Consultado diciembre 2012.
- Barbazán, M., C. Boutes, L. Beux, M. Bordoli, J. Cano, O. Ernst, A. García, F.O. García, y A. Quincke. 2011a. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. *Agrociencia*. Uruguay. Volumen 15 2. pp. 93-99.
- Barbazán, M., A. del Pino, C. Moltini, J. Hernández, y J. Rodríguez. 2011b. Caracterización de materiales orgánicos aplicados en sistemas agrícolas intensivos de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, Volumen 15 1: pp. 82-92.
- BCU. 1992. Departamento de Estadísticas Económicas. Departamento de Investigaciones Económicas. Boletín Estadístico N° 138. Banco Central del Uruguay. 113 p.
- BCU. 1994. Área de Estadísticas Económicas. Área de Política Monetaria y Programación Macroeconómica. Boletín Estadístico N° 164. Banco Central del Uruguay. 93 p.
- Belitz, H.D., y W. Grosch. 1997. *Química de los alimentos*. 2da. Edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 1087 p.
- Bianchi, G., G. Garibotto, O. Feed, O. Bentancur, y J. Franco. 2006. Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. *Arch. Med. Vet.* 38, N° 2. Uruguay. pp. 161-165.
- Bordoli, J. 2008. Capítulo III Fosfatos. Uruguay Demanda de Fertilizantes. En: *Minerales para la agricultura en Latinoamérica*. CYTED CEPES OLAMI. Ed. Nielson- Sarudiansky Argentina. pp. 177-183.
- Ciampitti I.A., y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, Oleaginosos e Industriales. En: *IPNI Cono Sur Informaciones Agronómicas N° 33*, Archivo Agronómico N° 11: pp. 13-16. [En línea] Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/e036ac788900a6560325728e0069ff05/\\$FILE/I.%20Ciampitti-%20Requerimientos.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/e036ac788900a6560325728e0069ff05/$FILE/I.%20Ciampitti-%20Requerimientos.pdf). Consultado mayo 2012.
- Ciampitti I.A., y F.O. García. 2008. Requerimientos nutricionales Absorción y Extracción de macronutrientes y nutrientes

- secundarios. ii. hortalizas, Frutales y Forrajeras. En: *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* Nº 37. Archivo Agronómico Nº 12. IPNI. 28 p. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/60E2EB2BAE651DD2852579950077196F/\\$FILE/IA%2037.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/60E2EB2BAE651DD2852579950077196F/$FILE/IA%2037.pdf). Consultado octubre 2013.
- Cordone, G., y M. Trossero. 2012. Costo oculto privado y social del sistema productivo. La degradación del suelo pampeano. Buenos Aires, Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 7:2-5.
- Cruzate, G., y R. Casas. 2012. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. Buenos Aires, Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 6:7-14.
- del Pino, A., J. Hernández, y G. Arrarte. 2010. Descomposición de residuos de *Pinus taeda* en Uruguay. En: *Jornadas de actualización técnica. 10 años de investigación en producción forestal*. Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía. Productividad y preservación de los recursos suelo y agua. Montevideo. Uruguay. 5 p.
- Engelhardt, W.V., y G. Breves. 2005. *Fisiología Veterinaria*. Editorial Acribia. Zaragoza, España 683 p.
- Erner, Y., A. Cohen, y H. Magen. 1999. Fertilizing for high yield: citrus. 2nd revised edition. International Potash Institute – bulletin Nº 4. Basel, Switzerland. 59 p. [En línea] Disponible en: http://www.ipipotash.org/udocs/IPI-BULLETIN-4_FERTILIZING-FOR-HIGH-YIELD_CITRUS.pdf. Consultado junio 2012.
- Fennema, O.R. 2000. *Química de los alimentos*. 2da. Edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 1258 p.
- Garriz, C.A. 2000. Subproductos ganaderos: huesos. INTA, Castelar. Argentina. 5 p. [En línea] Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/> Consultado abril 2013.
- Guerra, S. 2011. ¿Qué debemos tener en cuenta para incorporar la caña de azúcar en la dieta de nuestros animales? INTA. Argentina. Disponible en: <http://inta.gov.ar/documentos/bfque-debemos-tener-en-cuenta-para-incorporar-la-cana-de-azucar-en-la-dieta-de-nuestros-animales/> Consultado octubre 2013.
- Hernández, J., A. del Pino, y G. Arrarte. 2010. Cuantificación de la extracción y reciclaje de nutrientes en eucalipto. En: *Jornadas de actualización técnica. 10 años de investigación en producción forestal*. Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía. Productividad y preservación de los recursos suelo y agua. 2010. Montevideo. Uruguay. 5 p.
- INAC. 1989. Anuario Estadístico de existencias, faena y exportación. Uruguay. 91 p.
- INAC. 1992. Anuario Estadístico de existencias, faena y exportación. Uruguay. 90 p.
- INAC. 2000. Anuario Estadístico de existencias, faena y exportación. Uruguay. 108 p.
- INAC. 2010. Anuario Estadístico de existencias, faena, precios, exportación. Uruguay. 151 p.
- Manchado, J. 2010. La sustentabilidad en la agricultura pampeana: Valoración económica del balance de nutrientes para las principales actividades agropecuarias extensivas en la Región Centro Sur de la Provincia de Buenos Aires. En: *XLI REUNION ANUAL DE LA Asociación Argentina de Economía Agraria*. San Luis, Argentina. 18 p. [En línea] Disponible en: <http://inta.gov.ar/documentos> Consultado julio 2012.
- Mc Donald, E., y M. Greenhalgh. 1999. *Nutrición Animal*. 5ª edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 576 p.
- MGAP. 1994. Censo General Agropecuario 1990. Dirección de Censos y Encuestas. Montevideo. 239 p.
- MGAP. 2000a. Censo General Agropecuario 2000, sistema de información. Montevideo. Facultad de Agronomía. 1 CD.
- MGAP. 2000b. Uruguay Forestal: Antecedentes, Legislación y Política, Desarrollo Actual y Perspectivas. Dirección General Forestal. Montevideo. 40 p.
- MGAP. 2001. Anuario Estadístico agropecuario 2001. Gráfica Digital, Montevideo. 180 p.
- MGAP. 2002. Boletín informativo Estadísticas del sector lácteo 2001- Trabajos especiales Nº 28. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias. Montevideo 51 p. [En línea] Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,104,O,S,0,MNU;E;39;12;MNU>; Consultado junio 2012.
- MGAP. 2003. La citricultura en Uruguay contribución a su conocimiento. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias. Montevideo. 31 p. [En línea] Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,113,O,S,0,MNU;E;42;3;MNU>; Consultado julio 2012.
- MGAP. 2011. Anuario Estadístico agropecuario 2011. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias. Montevideo. 246 p. [En línea] Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,583,O,S,0,MNU;E;27;7;MNU>; Consultado marzo 2012.
- MGAP. 2012a. Series históricas. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias. [En línea] Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,60,O,S,0,MNU;E;42;5;MNU>; Consultado marzo 2012.
- MGAP. 2012b. Serie precio de la tierra, Compraventas Año 2011. En *Dólares corrientes*. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias. [En línea] Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,55,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>; Consultado julio 2012.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. 2012. Estadística de la producción mineral de Uruguay. Disponible en: <http://www.miem.gub.uy/web/mineria-y-geologia/-/estadistica-de-la-produccion-mineral-de-uruguay>. Consultado septiembre 2013.
- Morón, A., y A. Quincke. 2010. Avances de resultados en el estudio de la calidad de los suelos en agricultura en el departamento de Soriano. *Jornada Técnica El Efecto de la Agricultura en la Calidad de los Suelos y Fertilización de Cultivos*. INIA Serie Actividades de Difusión No. 605. pp. 5-9.
- Park, Y.W. 1992. Comparison of buffering components in goat and cow milk. In: *Small Ruminant Research*, 8 (1992) Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam. pp. 75-81.
- Park, Y.W. 2009. *Bioactive components in milk and dairy products*. Wiley Blackwell. USA. 426 p.
- Pérez Atchugarry, V. 2012. El LATU y la cadena productiva textil lanera. Garantía de integridad en el comercio sectorial. Departamento de textiles, lana bruta, tops y cueros. En: *El País Agropecuario*. pp. 24-25. Disponible en: http://latu.org.uy/es/docs/Garantia_de_integridad_en_el_comercio_sectorial.pdf. Consultado noviembre 2013.
- Pérez Bidegain, M., F. García Préchac, M. Hill, y C. Clérici. 2010 Capítulo 3. La erosión de suelos en sistemas agrícolas. En: *Colección Art. 2 Fondo Universitario Para Contribuir a la Comprensión Pública de Temas de Interés General*. pp. 67-88.
- Rao, A.S., y K.S. Reddy. 2010. Part III: Production 8. Nutrient management in soybean. In: *The Soybean, Botany, Production and uses*. Edited by Guriqbal Singh. Cab International, UK. pp. 161-190.
- Rava, C.; B. Ferraro, y B. Lanfranco. 2011. La competitividad de la ganadería y el costo de oportunidad de la tierra. En: *Anuario 2011. OPYPA*. MGAP. Montevideo. Uruguay. pp. 385-398.
- Raven, P.H., R.F. Evert, y S.E. Eichhorn. 1992. *Biología de las plantas*. Vol. 2. Editorial Reverté. Barcelona, España. 467 p.
- Swenson, M.J., y W.O. Reece. 1999. *Fisiología de los animales domésticos de Dukes*. Segunda edición. Tomo 2. Editorial Limusa-Noriega. D.F., México. pp. 517-925.
- Toval, G. 2010. Calidad de la madera de *Eucalyptus globulus* como materia prima para la industria pastero-papelera. Centro de Investigación Forestal de Lourizán. Dirección General de Montes. Xunta de Galicia. Pontevedra. España. Boletín del CIDEU 8-9: pp. 5-14. [En línea] Disponible en: http://www.uhu.es/cideu/Boletin/Boletin8_9/BolInf8-9CIDEU5-14.pdf. Consultado marzo 2013.
- Vassallo, M. 2006. El mercado de tierra en el Uruguay, *Revista del Plan Agropecuario*. Montevideo pp. 48-59 [En línea] Disponible: http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R119/R119_48.pdf Consultado julio 2012.*