

Monografía 7ª correspondiente a la

CARRERA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
FAC. DE INGENIERÍA Y CIENCIAS ECONÓMICO-SOCIALES

PÉRDIDAS DE FÓSFORO EN SUELOS CON USO GANADERO

Jorge Hugo Veneciano y Elsi del C. Lartigue

2000

Contenido

Resumen

Palabras clave

Introducción

Materiales y métodos

Resultados

Discusión

Bibliografía citada

Maestría en Gestión Ambiental, FICES (UNSL): Monografía 7ª

PÉRDIDAS DE FÓSFORO EN SUELOS CON USO GANADERO

Veneciano, J.H.¹ y Lartigue, E. del C.²

RESUMEN

La concepción del ambiente natural como fuente inagotable de insumos esenciales ha conducido en nuestro país a la conformación de agrosistemas que, junto con el producto (grano, carne, leche, lana, etc.), exportan la fertilidad de los suelos y comprometen con ello la sostenibilidad del sistema en su conjunto. Uno de los aspectos de la degradación edáfica es la extracción sin reposición de los nutrientes minerales. Y, si bien la ganadería extensiva es una actividad de impacto inferior a la de la agricultura de cosecha, la declinación de las reservas minerales del suelo constituye una práctica no sostenible a largo plazo. En la provincia de San Luis no hay información referida a la exportación de minerales con los productos de la ganadería bovina, ni abunda la relacionada con la disponibilidad edáfica de nutrientes. No obstante ello, los objetivos propuestos en la presente monografía fueron: a) estimar la exportación de fósforo (P) con la ganadería de San Luis para dos niveles de productividad (actual y mejorado), y b) inferir, a partir de dos valores de disponibilidad inicial en la capa arable del suelo (15 y 25 ppm), el tiempo de reducción de dicho nutriente hasta umbrales considerados críticos (10 ppm). Para los cálculos de la exportación anual de P se consideró la relación g P kg carne vacuna⁻¹ (peso vivo) y valores de productividad discriminados por zona. Se determinó para la provincia una extracción actual de P igual a 755,8 tn año⁻¹, que podría elevarse por encima de las 1.000 tn año⁻¹ con un incremento del 40 % en la productividad de carne. En promedio, los suelos de buena y media provisión actual de P alcanzarían el umbral de deficiencia en 36,76 y 12,25 décadas, respectivamente, valores que varían en un rango de mucha amplitud: 2,24 a 178,9 décadas, según el lugar y el nivel de disponibilidad de que se parta. Sin embargo, la irregular distribución de las deyecciones y, particularmente en la franja oriental de la provincia, la incidencia de la actividad agrícola, podrían estrechar significativamente los plazos de aparición de manifestaciones de deficiencias de P. se presentan asimismo valores inferidos para un nivel de productividad superior al actual (+ 40 %), factible de alcanzar en años venideros. Se discuten las herramientas tecnológicas propuestas en la bibliografía como correctoras del empobrecimiento edáfico, particularmente la restitución del P por medio de la fertilización, entendida ésta como recurso con potencial para restablecer condiciones productivas de los suelos en un marco de aplicación de prácticas conservacionistas de manejo.

Palabras clave: fósforo, nutrientes, ganadería, San Luis.

1 INTA San Luis; 2 Actividad privada.

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios la agricultura adoptó la concepción tradicional de uso del ambiente natural como donante y fuente inagotable de insumos esenciales, movilizados a través de procesos tecnológicos altamente dependientes de energía fósil (Ghersa *et al.*, 1997 –citados por Pordomingo, 1998-). El proceso de globalización, apertura e integración económica consolidado durante los años '90 ha traído aparejado para nuestro país una intensificación de los sistemas productivos, generando nuevas presiones sobre los recursos naturales renovables y no renovables; este modelo genera 40 % de las exportaciones, pero a costa de la fertilidad natural de los suelos, lo que pone en riesgo la sostenibilidad de todo el sistema: la pampa húmeda –en cuyos 48 millones de hectáreas se concentra más del 80 % de la actividad agropecuaria nacional- padece hoy los síntomas de degradación más severos de su historia, de los cuales –si bien en distinto grado- son responsables tanto la producción intensiva de granos como la ganadería (Curti, 1999). En las regiones semiáridas el componente más vulnerable y crítico del ecosistema es el suelo: su degradación (erosión y pérdida de fertilidad) puede ser rápida, y su recuperación extremadamente lenta (Viglizzo y Roberto, 1991). Estos mismos autores anticiparon una nueva fase degradativa de los suelos de la pampa semiárida, a la que contribuirían factores tales como la mejora en los precios de los granos, el acceso a germoplasma de alto rendimiento, condiciones climáticas favorables para los cultivos de cosecha, el desarrollo de maquinaria rural más eficiente, decrecimiento de la superficie praderizada, y el surgimiento de agroquímicos de elevada eficacia, entre otros. Este proceso, carente de síntomas claramente visibles, conduce a una descompensación en el presupuesto mineral del agroecosistema, dada por una extracción de nutrientes que supera con holgura la capacidad natural que el ecosistema tiene para reponerlos. Con excepción del nitrógeno (N), que puede ser incorporado eficientemente desde la atmósfera a través de la fijación simbiótica que tiene lugar en plantas leguminosas, los restantes elementos nutritivos –entre ellos el fósforo (P)- son provistos por las reservas del suelo. Cuando no se efectúa reposición mediante fertilización, la continua extracción por los cultivos, junto con las pérdidas de suelo por erosión, reducen significativamente su disponibilidad edáfica: *Hall et al.*, 1992 (citados por Díaz-Zorita, 1998) destacan la mayor frecuencia de aparición de suelos deficientes en N y en P en la región pampeana, en tanto que Montoya *et al.* (1999) informan de una situación análoga respecto del P en el E de La Pampa. Ratto y Conti (1996) señalan que, además de los elementos limitantes por excelencia (N y P), existen en el país indicios de que otras carencias (azufre –S-, potasio –K-, cinc –Zn- y boro –B-) comienzan a detectarse. En la provincia de San Luis se estimó para 1993 una “pérdida” en el año de 4.511 tn N, 821 tn P y 819 tn K como exportación conjunta de nutrientes correspondientes al grano cosechado de maíz, sorgo granífero y girasol (Veneciano, 1995). En la misma comunicación se señala que apenas una de cada dieciséis hectáreas implantadas con cultivos anuales extractivos estaría en teoría

integrada a un planteo de rotaciones con especies leguminosas. No abunda, sin embargo, información referida a la exportación de minerales con los productos de la ganadería (actividad extendida a la totalidad del territorio provincial), como así tampoco relacionada con la disponibilidad de nutrientes en el suelo. No obstante esas carencias, se consideró en este trabajo la hipótesis de que la falta de restitución de P a los sistemas de producción de carne de San Luis pone en riesgo su estabilidad en el tiempo. Los objetivos propuestos fueron:

1. Estimar la exportación de P por parte de la actividad ganadera de la provincia de San Luis para dos niveles de productividad (actual y mejorado).
2. Inferir, para dos niveles de disponibilidad inicial en la capa arable del suelo, el tiempo de reducción de dicho nutriente hasta umbrales considerados críticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

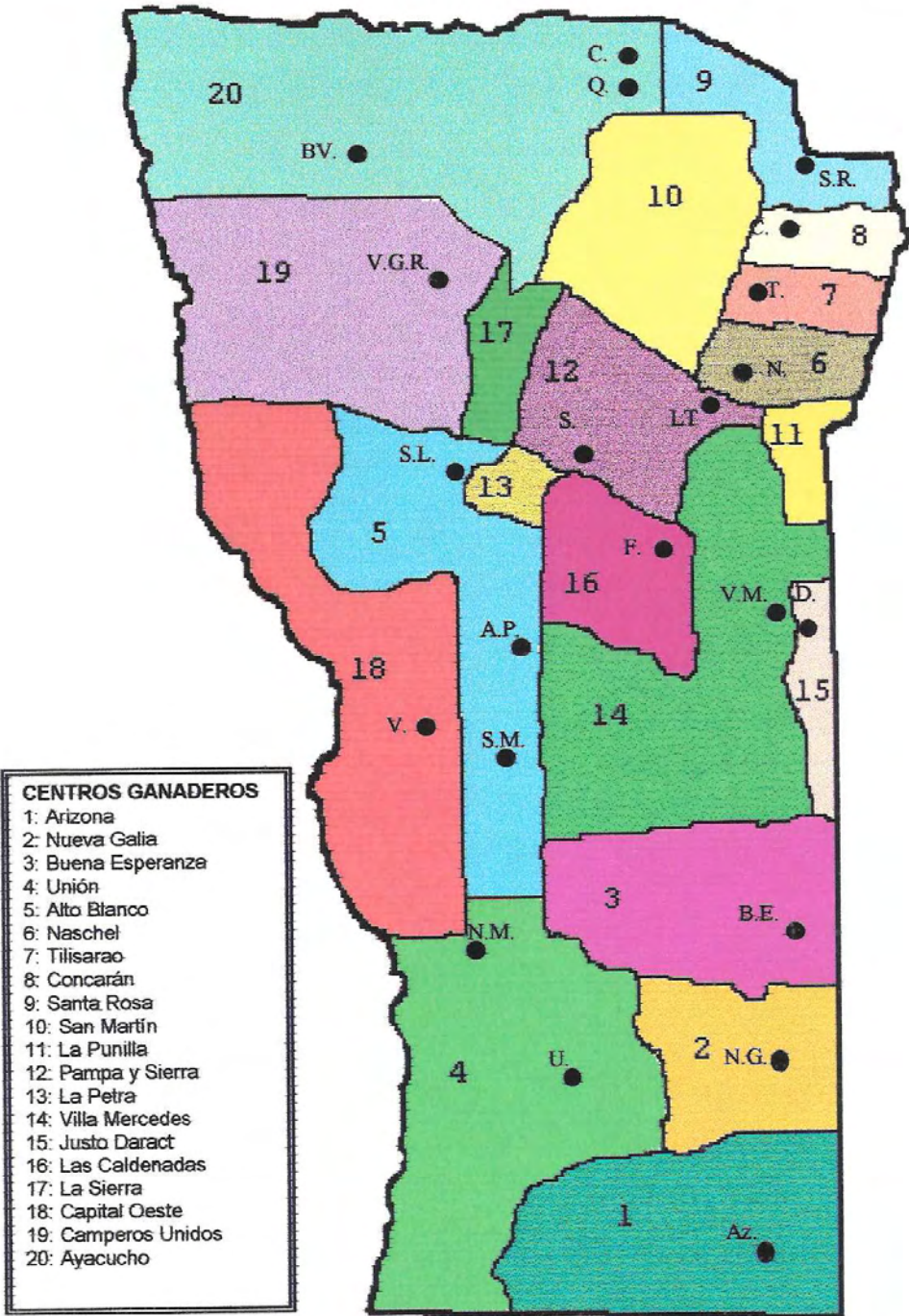
La distribución geográfica del ganado bovino en San Luis (Figura 1) se adaptó de Ávila (1997); los valores de productividad, discriminados por zona, correspondieron al año 1996 (Veneciano, 1998).

Para la estimación de la exportación anual de P por parte de la actividad ganadera se consideró que 1 kg de carne bovina (peso vivo) = 6,8 g P (Pearson e Ison, 1994). Los cálculos se efectuaron para dos niveles de productividad de carne (kg peso vivo ha⁻¹ año⁻¹): actual (1996) y mejorado (+ 40 %), asumiéndose este último como un valor arbitrario aunque factible de alcanzar en años próximos merced al desarrollo tecnológico de la actividad, desarrollo supuesto del que únicamente se exceptuaría como práctica de manejo la fertilización fosfatada. En las estimaciones sólo se contempló la exportación del nutriente con el producto animal (carne), y no otros componentes del ciclo del P en un sistema de pasturas (ej. ingresos por lavado y arrastre) cuya incidencia, menos significativa, se desconoce para los suelos de San Luis. Se asumió razonablemente, además, que en los sistemas pastoriles de nuestra provincia la restitución de P al suelo mediante fertilización es inexistente, y de igual manera la derivada del uso de suplementos alimentarios.

Como umbral de abastecimiento por debajo del cual la disponibilidad de P en la capa arable (0 – 20 cm de profundidad) es deficiente se consideró el valor de 10 ppm (Montoya *et al.*, 1999), ya que valores más altos (umbrales de 15 – 20 ppm) son citados para otros ambientes y planteos de producción más intensivos (Berardo, 2000).

Finalmente, para dos niveles de disponibilidad inicial de P en la capa arable: 15 ppm (disponibilidad media) y 25 ppm (disponibilidad buena) se calcularon, por zona, los tiempos de reducción (en décadas) del nivel de P hasta alcanzar el mencionado umbral de deficiencia. Se consideró un peso específico del suelo de 1,3 tn m⁻³ (M. Cortés, com. personal), de donde resultaron disponibilidades de P en capa arable iguales a: 26,0 kg ha⁻¹ (umbral de deficiencia), 39,0 kg ha⁻¹ (disponibilidad media) y 65,0 kg ha⁻¹ (disponibilidad buena).

Figura 1: Distribución de centros ganaderos (San Luis).



RESULTADOS

En el Cuadro 1 se han registrado niveles actuales y mejorados de productividad de carne, junto con los valores implícitos de exportación de P. La información se discriminó por zonas (centros ganaderos), con valores ponderados para la provincia y para las áreas occidental (con predominio acentuado de la actividad ganadera de cría sobre la base de pastizal natural) y orienta (con actividad ganadera más intensiva y cierto desarrollo de la agricultura de cosecha).

Cuadro 1. Niveles (actual y mejorado) de productividad anual de carne por zona, y P exportado.

Centro ganadero	Productividad de carne: kg peso vivo ha ⁻¹ año ⁻¹		P exportado: kg ha ⁻¹ año ⁻¹	
	Actual (1996)	Mejorada (+ 40%)	Actual (1996)	Mejorada (+ 40%)
1 Arizona	16,0	22,4	0,1088	0,1523
2 Nueva Galia	29,8	41,7	0,2026	0,2836
3 B. Esperanza	41,4	58,0	0,2815	0,3944
6 Naschel	43,5	60,9	0,2958	0,4141
7 Tilisarao	31,5	44,1	0,2142	0,2999
11 La Punilla	36,5	51,1	0,2482	0,3475
13 La Petra	55,4	77,6	0,3767	0,5277
14 V. Mercedes	27,3	38,2	0,1856	0,2598
15 Justo Daract	85,2	119,3	0,5794	0,8112
16 Las Caldenadas	32,9	46,1	0,2237	0,3135
Prom. Zona Oriental	30,6	42,8	0,2081	0,2910
4 Unión	17,1	23,9	0,1163	0,1625
5 Alto Blanco	13,0	18,2	0,0884	0,1238
8 Concarán	13,7	19,2	0,0932	0,1306
9 Santa Rosa	10,4	14,6	0,0707	0,0993
10 San Martín	5,6	7,8	0,0381	0,0530
12 Pampa y Sierra	16,4	23,0	0,1115	0,1564
17 La Sierra	7,1	9,9	0,0483	0,0673
18 Capital Oeste	3,2	4,5	0,0218	0,0306
19 Camperos Unidos	5,2	7,3	0,0354	0,0496
20 Ayacucho	4,2	5,9	0,0286	0,0401
Prom. Zona Occidental	7,7	10,8	0,0524	0,0734
Promedio San Luis	15,6	21,8	0,1061	0,1482

Se calcularon los tiempos (en décadas) de reducción del P disponible de la capa arable hasta alcanzar el umbral de deficiencia (10 ppm), a partir de dos valores de referencia de disponibilidad inicial: 15 y 25 ppm (disponibilidades media y buena, respectivamente). Los valores se han detallado por centro y para dos niveles de productividad de carne: actual (Cuadro 2) y mejorado = + 40 % (Cuadro 3).

Cuadro 2. Tiempo de reducción del P disponible de la capa arable hasta el umbral de 10 ppm, partiendo de 2 valores de disponibilidad inicial (15 y 25 ppm), y en función del nivel actual de productividad ganadera.

Centro ganadero	Tiempo (décadas) de reducción del P disponible de la capa arable:	
	A partir de dispon. inicial= 15 ppm*	A partir de dispon. inicial= 25 ppm**
1 Arizona	11,95	35,85
2 Nueva Galia	6,42	19,25
3 B. Esperanza	4,62	13,85
6 Naschel	4,39	13,18
7 Tilisarao	6,07	18,21
11 La Punilla	5,24	15,71
13 La Petra	3,45	10,35
14 V. Mercedes	7,00	21,01
15 Justo Daract	<u>2,24</u>	6,73
16 Las Caldenadas	5,81	17,43
Prom. Zona Oriental	6,25	18,74
4 Unión	11,18	33,53
5 Alto Blanco	14,71	44,12
8 Concarán	13,95	41,85
9 Santa Rosa	18,39	55,16
10 San Martín	34,12	102,36
12 Pampa y Sierra	11,66	34,98
17 La Sierra	26,92	80,75
18 Capital Oeste	59,63	178,90
19 Camperos Unidos	36,72	110,17
20 Ayacucho	45,45	136,36
Prom. Zona Occidental	24,81	74,43
Promedio San Luis	12,25	26,76

* Equivalente a 39,0 kg P ha⁻¹ ** Equivalente a 65,0 kg P ha⁻¹ En cursiva: valores inferiores a 3 décadas.

Cuadro 3. Tiempo de reducción del P disponible de la capa arable hasta el umbral de 10 ppm, partiendo de 2 valores de disponibilidad inicial (15 y 25 ppm), y en función de un nivel de productividad ganadera mejorado (+ 40 % respecto del actual).

Centro ganadero	Tiempo (décadas) de reducción del P disponible de la capa arable:	
	A partir de dispon. inicial= 15 ppm*	A partir de dispon. inicial= 25 ppm**
1 Arizona	8,54	25,61
2 Nueva Galia	4,58	13,75
3 B. Esperanza	3,30	9,89
6 Naschel	3,14	9,42
7 Tilisarao	4,33	13,00
11 La Punilla	3,74	11,22
13 La Petra	2,46	7,39
14 V. Mercedes	5,00	15,01
15 Justo Daract	1,60	4,81
16 Las Caldenadas	4,15	12,44
Prom. Zona Oriental	4,47	13,40
4 Unión	8,00	24,00
5 Alto Blanco	10,50	31,50
8 Concarán	9,95	29,86
9 Santa Rosa	13,09	39,27
10 San Martín	24,53	73,58
12 Pampa y Sierra	8,31	24,94
17 La Sierra	19,32	57,95
18 Capital Oeste	42,48	127,45
19 Camperos Unidos	26,21	78,63
20 Ayacucho	32,42	97,26
Prom. Zona Occidental	17,71	53,13
Promedio San Luis	8,77	26,32
* Equivalente a 39,0 kg P ha ⁻¹ ** Equivalente a 65,0 kg P ha ⁻¹ En cursiva: valores inferiores a 3 décadas.		

DISCUSIÓN

Conocido es que los nutrientes son constantemente exportados del sistema agrícola a través de las plantas cosechadas y los productos animales, así como importados a través de deposición atmosférica, praderas de leguminosas, abonos y fertilizantes. Según el caso, pueden ser extraídos del sistema por lixiviación, erosión y volatilización, o retenidos temporalmente por los organismos del suelo en la materia orgánica, sólo para ser posteriormente liberados y nuevamente reciclados (Roberts, 1996a). La degradación del suelo resultante de las actividades productivas crece a un ritmo alarmante en todo el mundo, y Argentina no escapa a esta realidad. Sin embargo, por lo general el deterioro de los recursos naturales no se incorpora al cálculo de costos de producción del sistema: tanto la erosión como la degradación física y química de los suelos derivan en un aumento de los costos de producción, por requerir la adopción de prácticas correctivas, ejemplo de lo cual es el crecimiento de la demanda de fertilizantes en el país, a consecuencia de la acelerada reducción de los niveles de disponibilidad de N y P, entre otros nutrientes esenciales para el desarrollo de los cultivos (Viglizzo y Roberto, 1991; Curti, 1999). En la campaña agrícola 1992-3 la reposición de P por fertilización en el país fue menor al 20 % del extraído por los cultivos (Díaz-Zorita, 1998). La no contabilización del costo ambiental origina una falla en el mercado pues, al no contemplarlo, el precio del bien generado resulta artificialmente inferior al real. Esto a su vez conduce a un desarrollo excesivo de la actividad que ocasiona el mencionado daño ambiental (esto es, a un nivel de producción ineficientemente alto con relación a lo socialmente deseable). A menudo el cambio tecnológico, a través del aumento transitorio de la productividad, enmascara la degradación de los recursos. Y las herramientas económicas que el productor agropecuario utiliza en la toma de decisiones (ej. técnica del margen bruto) no contemplan el deterioro del capital natural ni la pérdida de la capacidad productiva de los suelos (Cursack de Castignani *et al.*, 1997).

Si bien la ganadería pastoril es una actividad cuya extracción es muy inferior a la de la agricultura de cosecha (Pordomingo, 1998), “minar” las reservas de nutrientes del suelo no es una práctica sostenible a largo plazo: si se permite que los niveles de nutrientes declinen de forma tal que se limite el potencial de rendimiento (descapitalización), pueden esperarse sustanciales pérdidas, tanto económicas como de fertilidad edáfica (Roberts, 1996b). Como puede inferirse a partir de los datos del Cuadro 1, en el caso de San Luis la exportación anual de P debida a la ganadería vacuna es relativamente baja con relación a la de la agricultura de cosecha: de 7.123.613 ha con uso ganadero se exportan anualmente del sistema 755,8 tn, mientras que la extracción derivada de los tres principales cultivos de la provincia (maíz, sorgo granífero, girasol), para una superficie de sólo 113.145 ha, fue en 1993 igual a 821,0 tn

(Veneciano, 1995). Un eventual mejoramiento del 40 % en la productividad ganadera elevaría la exportación de P por encima de las 1.000 tn año⁻¹.

No obstante, es importante resaltar que, aunque la retención de P dietario en bovinos es baja (en vacas lecheras el 75 % es excretado con las heces), la restitución del nutriente se efectúa de manera no uniforme en el lote: Díaz-Zorita (1998) señala que las áreas de deposición son muy pequeñas, aún en sistemas intensivos: en el Oeste bonaerense, trabajando con pastoreos de altas cargas instantáneas y bajos tiempos de permanencia en las parcelas, se determinó que apenas el 13 % de la superficie pastoreada era cubierta por el bosteo, valor que se reduce notablemente con sistemas menos intensivos como los imperantes en San Luis.

Naturalmente, la extracción de P es más alta en la zona oriental de la provincia, en concordancia con su mayor productividad ganadera. En este trabajo sólo se tuvo en cuenta la exportación de P debida a la ganadería, pero es válido destacar que este sector centraliza la casi totalidad de los cultivos agrícolas de San Luis, lo cual potencia la exportación de P proveniente de estos suelos. Recordemos que la franja oriental es asimismo la más húmeda y, aunque es cierto que los fosfatos no se lixivian tan fácilmente como los nitratos y sulfatos, existe una asociación directa entre las pérdidas de P por lavado y el nivel de lluvias (Darwich, 1989).

En el país no se han actualizado los mapas de carencia de nutrientes por zonas y, si bien existe mucha bibliografía referida a trigo y maíz, es escasa la información disponible sobre otros cultivos agrícolas y pasturas (Dir. de Agricultura, SAGPyA, 1998). Pero, para una provincia vecina Montoya *et al.* (1999) han informado del desplazamiento entre los años 1980 – 1993 de las deficiencias de P hacia el Oeste, atribuyéndolo a la expansión de la frontera agrícola y al consecuente traslado de la ganadería hacia zonas marginales, con extracción creciente de nutrientes (sin reposición), junto con pérdidas de suelo debidas al empleo de sistemas no conservacionistas de manejo.

Con los valores actuales de productividad ganadera los suelos de San Luis que hoy cuentan en la capa arable con disponibilidades de P media (15 ppm) o buena (25 ppm) alcanzarían, en promedio, el umbral de deficiencia (10 ppm) en 12,25 y 36,76 décadas, respectivamente. Sin embargo, discriminados por centro ganadero, estos tiempos varían con mucha amplitud, llegando en casos extremos a 2,24 (Justo Daract) y 178,9 (Capital Oeste) décadas, según el nivel de disponibilidad inicial (Cuadro 2). Sin embargo, como se señaló anteriormente, la muy irregular distribución de las deyecciones acortaría considerablemente los plazos para la aparición de manifestaciones de deficiencia de este nutriente; con más razón, en el caso de

planteos mixtos que incluyen la agricultura de cosecha, particularmente en la zona oriental, aunque cada vez con mayor frecuencia expandiéndose hacia el Oeste merced a los favorables registros de lluvia de los últimos años.

Cuando las estimaciones se hacen para un nivel de productividad ganadera mejorado (+ 40 % respecto del actual), bastante razonable como expectativa para los próximos años, se aprecia (Cuadro 3) que los plazos se acortan considerablemente, en particular para la franja oriental de la provincia y para suelos con mediana provisión inicial de P.

Con todo, aún cuando algunos valores puedan parecer no preocupantes, debe recordarse que cuando las reservas de fertilidad de este nutriente han decaído, resulta muy costoso restablecer la productividad óptima: Roberts (1996b) destaca que se requieren 16 a 25 kg P₂O₅ ha⁻¹ (esto es: 34,8 a 54,3 kg de superfosfato triple ha⁻¹) para incrementar el test de suelo Bray P1 en apenas 1 ppm.

Con el convencimiento de que los suelos empobrecidos comprometen la sostenibilidad de los sistemas, en general los autores (Viglizzo y Roberto, 1991; Darwich, 1996; Díaz-Zorita, 1998; Pordomingo, 1998; Montoya *et al.*, 1999, entre otros) coinciden en proponer como herramientas tecnológicas correctoras la restitución de nutrientes (esto es, la adición proporcionada al nivel de extracción del mineral) y la aplicación de prácticas de manejo conservacionistas. Berardo (1996) añade que la fertilización fosfatada de pasturas mejora su productividad, reduce la pérdida de plantas, restringe la invasión de malezas y acrecienta la calidad del forraje. Dicha fertilización debe ser planeada en función de la cantidad de P extraída más un incremento de 20 – 30 % para los procesos de inmovilización de este nutriente en el suelo (Berardo, 2000).

De acuerdo con Roberts (1996a) la restitución de nutrientes adecuada a las necesidades del cultivo y a las condiciones del suelo puede mejorar el uso eficiente de los mismos en forma compatible con la protección ambiental. El mismo autor señala que el aporte apropiado de nutrientes promueve un crecimiento saludable del cultivo, mejores sistemas radiculares y mayor resistencia de las plantas al estrés, una más rápida cobertura del suelo y un mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua, factores todos que ayudan a prevenir la degradación del suelo. Pordomingo (1998) advierte que en la región pampeana existe escasa información sobre la dinámica de los nutrientes (requerimientos, pérdida, movilidad, interacciones), y menos aún se ha investigado sobre los riesgos ambientales de la fertilización (particularmente lo atinente a pérdidas de nutrientes lábiles –N, S- y sus efectos contaminantes del agua y del aire), y a menudo la eficiencia de uso de los fertilizantes es visualizada estrictamente desde la relación con el producto pero no por sus efectos ambientales. Sin embargo,

que los fertilizantes tengan un impacto ambiental positivo o negativo depende en alto grado del manejo: los efectos de la fertilización son reducidos, y a menudo eliminados, cuando los cultivos se conducen con las mejores prácticas, equilibrando los consumos de producción en los niveles adecuados y utilizando técnicas de conservación de suelo y agua específicas para cada lugar, lo que minimiza las pérdidas hacia las napas freáticas (Roberts, 1996b).

En nuestra región, un planteo ganadero conformado sobre la base de pasturas perennes (nativas e introducidas) puede constituir un mecanismo de notable capacidad para asimilar los dos determinantes esenciales de la producción primaria, que inexorablemente habrán de ingresar anualmente al sistema: la energía en forma de radiación solar y el agua de lluvia. Los nutrientes aportados por el suelo, en cambio, configuran un depósito que se resiente con cada gramo de producto que sale del sistema. De manera que un planteo ganadero que exporte anualmente energía y agua (en este caso en forma de carne) y restituya los restantes nutrientes al suelo bien puede ser considerado como un sistema altamente sostenible en el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Ávila, J.D. 1997. Aspectos de vigilancia epidemiológica aplicados a la evaluación del plan de erradicación de la fiebre aftosa en San Luis. Boletín técnico nº 3 COPROSA (Dirección provincial de ganadería, agricultura y promoción de inversiones): 29 p.

Berardo, A. 1996. La fertilización fosfatada y nitrogenada de las pasturas y sus efectos en distintos sistemas de producción. 3º seminario de actualización técnica: fertilización en cultivos extensivos y forrajeras. CPIA / SRA: 173-182.

----- 2000. Fertilización fosforada: Un nutriente silencioso, pero vital. Rev. de los CREA año XXXIV nº 232: 69-71.

Cursack de Castignani, A.M.; De Orellana, J.A.; Pilatti, M.A.; D'Angelo, C.H.; Grenón, D.A.; Sánchez, D.E. y Bouzo, C.A. 1997. Metodología para evaluar la rentabilidad y sostenibilidad de agrosistemas en la cuenca lechera santafesina. Revista FAVE (UNL) vol. 11 (1 y 2): 9-23.

Curti, J.C. 1999. Intensificación y medio ambiente: Todo por el suelo. Rev. Mercado Rural nº 10: 20-23.

Darwich, N.A. 1989. Fósforo: un nutriente esencial para las plantas. Origen y contenido del P en los suelos (cap. 5), en: Manual de fertilidad de suelos (Balcarce, INTA): 55-83.

----- 1996. La fertilización de maíz bajo riego. 3º seminario de actualización técnica: fertilización en cultivos extensivos y forrajeras. CPIA / SRA: 159-165.

Díaz-Zorita, M. 1998. Producción de carne bajo pastoreo en Argentina: ¿es una práctica sostenible? 22º Congreso argentino de producción animal: Sustentabilidad de los sistemas mixtos agrícola-ganaderos (Río Cuarto, Córdoba), Conferencias: 34-45.

Dirección de Agricultura (SAGPyA) 1998. Innovaciones tecnológicas. Rev. del CPIA año 10 nº 46: 11-15.

Montoya, J.; Bono, A.; Suárez, A.; Babinec, F. y Darwich, N. 1999. Disminución del fósforo asimilable en La Pampa. Rev. Fertilizar nº 14. Proy. Fertilizar (INTA): 27-29.

Pearson, C.J. e Ison, R.L. 1994. Nutrición mineral (cap. 5), en: Agronomía de los sistemas pastoriles. Editorial Hemisferio Sur (1ª ed.): 61-76.

Pordomingo, A.J. 1998. Evaluación de la sustentabilidad en los agrosistemas mixtos de la región pampeana. 22º Congreso argentino de producción animal: Sustentabilidad de los sistemas mixtos agrícola-ganaderos (Río Cuarto, Córdoba), Conferencias: 16-32.

Ratto, S. y Conti, M. 1996. El análisis de suelo: una herramienta indispensable para una producción eficiente, rentable y sostenida. 3º seminario de actualización técnica: fertilización en cultivos extensivos y forrajeras. CPIA / SRA: 31-38.

Roberts, T.L. 1996a. Fertilidad del suelo. Comportamiento y dinámica de los nutrientes. 3º seminario de actualización técnica: fertilización en cultivos extensivos y forrajeras. CPIA / SRA: 11-30.

----- 1996b. Los fertilizantes y su impacto en el medio ambiente. 3º seminario de actualización técnica: fertilización en cultivos extensivos y forrajeras. CPIA / SRA: 199-215.

Veneciano, J.H. 1995. Forrajeras cultivadas en San Luis: cifras y reflexiones. Información técnica 137. Proy. ganadero-agrícola sostenible (EEA San Luis, INTA): 10 p.

----- 1998. Apreciaciones acerca de la actualidad ganadera de San Luis y sus posibilidades. Información técnica 147 (EEA San Luis, INTA): 36 p.

Viglizzo, E.F. y Roberto, Z.E. 1991. Evolución y tendencia del agroecosistema en la pampa semiárida. Boletín del CPIA año 3 n° 9: 17-20.