

PUBLICACION TECNICA N°27

**EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS
INTENSIVOS DE PRODUCCION DE CARNE**

AUTOR

Ing.Agr. (MSc) Martín Díaz-Zorita

Area de Investigación - Estación Experimental Agropecuaria General Villegas

INTA

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA
CENTRO REGIONAL BUENOS AIRES NORTE
ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA GENERAL VILLEGAS
República Argentina

Editado en Junio del 2000

INDICE

	Página
1. RESUMEN.....	3
2. GENERALIDADES SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA FERTILIDAD DE SUELOS EN LA REGIÓN PAMPEANA.....	3
3. IDENTIFICACIÓN DE ALGUNOS FACTORES DE MANEJO QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN SISTEMAS GANADEROS.....	6
4. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA FERTILIDAD DE SUELOS EN SISTEMAS GANADEROS.....	9
5. CONCLUSIONES.....	12
6. REFERENCIAS.....	13

**EVALUANDO LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS INTENSIVOS DE
PRODUCCION DE CARNE
RESUMEN**

El objetivo de este artículo exponer algunos de los cambios en las propiedades de los suelos de la Región Pampeana inducidos por sistemas intensivos de producción de carne y discutir alternativas para el diseño de estrategias sustentables de manejo. Estos sistemas se desarrollan mayoritariamente sobre pasturas de gramíneas y leguminosas perennes en las que el nitrógeno es el único elemento eficientemente incorporado desde la atmósfera a través de la fijación biológica. El resto de los nutrientes son provistos por las reservas de los suelos y su incorporación en los sistemas productivos se logra con el uso de fertilizantes y enmiendas. La continua extracción de nutrientes edáficos por los cultivos, sin reposición por fertilización, junto con pérdidas de suelos por erosión han incrementado

la frecuencia de lotes con baja disponibilidad de nutrientes tales como el fósforo. De todos los elementos nutritivos consumidos por los animales sólo una pequeña parte es retenida en sus tejidos, regresando el resto al suelo a través de las deyecciones. Este proceso no se realiza uniformemente, detectándose sectores de concentración y normalmente la transferencia fuera del sitio de producción de los alimentos. Los sistemas intensivos de producción de carne bajo pastoreo en la Argentina son sustentables en la medida que se compensen las pérdidas de fertilidad de los suelos como consecuencia de la extracción de nutrientes en productos animales y traslados en las heces. El uso de fertilizantes y los pastoreos con altas cargas instáneas son dos herramientas disponibles para este propósito.

GENERALIDADES SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA FERTILIDAD DE SUELOS EN LA REGIÓN PAMPEANA

Productividad, estabilidad y sostenibilidad son tres cualidades que caracterizan a los agroecosistemas y que a menudo se encuentran en conflicto. En general, los manejos tendientes a las altas ganancias en el corto plazo pueden inducir a consecuencias desbastadoras posteriores. En consecuencia, se requiere de la identificación y del conocimiento de las relaciones entre estas cualidades para el desarrollo de estrategias de producción sostenibles (Stewart y Robinson, 1997).

En la Región Pampeana, la mayoría de los agroecosistemas se desarrollan en condiciones extensivas. Su productividad, estabilidad y

sostenibilidad dependen basicamente de la fertilidad de los suelos, en interacción con otros factores ambientales y de manejo. Por lo tanto, interrogarnos acerca de la sostenibilidad de los sistemas de producción de carne incluye la consideración de conceptos más amplios que sólo su nivel de productividad actual. Entre estos se encuentran las modificaciones en las propiedades de los suelos que pueden alterar la normal relación entre productividad y sostenibilidad. Son objetivos de esta presentación exponer algunos de los cambios en propiedades de suelos de la Región Pampeana inducidos por sistemas intensivos de producción de carne y discutir algunas alternativas

para el diseño de estrategias sustentables de manejo.

Los sistemas ganaderos en Argentina se basan principalmente en el pastoreo directo de pasturas, fundamentalmente compuestas por gramíneas y leguminosas. Las pasturas en estos sistemas tienen dos funciones centrales: En primer lugar la producción de forraje para la alimentación animal durante la mayor parte del año, según la cadena forrajera contemplada. En segundo orden la recuperación de la fertilidad potencial de los suelos por incrementos en los contenidos de materia orgánica y por la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, junto con el mejoramiento en propiedades físicas tales como porosidad y estabilidad de los agregados. Esto último fundamentalmente debido al establecimiento de pasturas perennes con gramíneas, durante al menos 3 a 5 años, permite la recuperación física de los estratos superiores de suelos degradados (Suero y Garay, 1978; Díaz-Zorita y Davies, 1995). La rotación agrícola-ganadera ha sido descripta como un sistema estable y energéticamente muy eficiente (Puricelli, 1985).

Si bien la fertilidad de los suelos de la Región Pampeana ha sido clasificada, en una escala internacional, entre alta y muy alta (Sillampää, 1982), la gradual reducción en sus reservas de nutrientes, ha modificado esta situación. Estudios recientes destacan la mayor frecuencia de aparición de suelos deficientes en nitrógeno y en fósforo, fenómeno atribuido a la

expansión del área agrícola, a la disminución en la proporción de suelos con pasturas perennes en rotación con cultivos anuales y al crecimiento en los niveles de producción (Hall *et al.* 1992).

El nitrógeno es el único nutriente que es eficientemente incorporado desde la atmósfera al sistema productivo a través de la actividad biológica (fijación simbiótica en leguminosas). Estudios desarrollados por el proyecto PRONALFA del INTA, en cinco ambientes representativos de la Región Pampeana, demuestran que bajo condiciones ambientales no restrictivas para el normal desarrollo de la alfalfa este proceso provee aproximadamente hasta el 79 % del total de los requerimientos nitrogenados del cultivo (Racca *et al.* 1997). Según este y otros estudios, los aportes de nitrógeno por pasturas de alfalfa son de hasta 300 kg/ha/año (García, 1996) con variaciones que dependen en especial de la productividad de estas en relación con factores de ambientales (nutrientes limitantes, pH, disponibilidad de agua, etc.) y de manejo (descansos entre pastoreos, etc.)

El resto de los elementos nutritivos, entre los que se encuentra el fósforo, son provistos por las reservas de los suelos y su incorporación en los sistemas productivos se logra a través del uso de fertilizantes y enmiendas. Entre estas, las aplicaciones de heces han sido descriptas como prácticas efectivas para el mantenimiento e incremento en los niveles de nutrientes en los suelos, especialmente de fósforo (Halvorson *et al.*

1997). Por lo tanto, en sectores donde su distribución uniforme es factible constituyen un importante aporte para los requerimientos nutricionales de los cultivos.

El fósforo es un elemento muy poco móvil en el suelo y se encuentra mayormente en formas minerales poco solubles y en la materia orgánica. Algunos autores han descrito relaciones lineales positivas entre los niveles extraídos con el método de Bray Kurtz 1 y los contenidos totales (Guertel et al. 1991). En condiciones de suelos con diferentes propiedades, diferencias en los niveles de fósforo extractable pueden asociarse también a reacciones con factores edáficos que afectan la proporción de fósforo disponible (Pruess, 1989). Por lo tanto, dentro de un mismo tipo de suelos, cambios en la fracción extractable pueden ser asociados a cambios en las reservas totales de este elemento.

La frecuencia de suelos con potenciales deficiencias de fósforo en la región este de la provincia de La Pampa y en toda la Región Pampeana se ha incrementado en comparación con la extensión detectada en 1980 (Darwich, 1983; Darwich, 1994; Montoya *et al.* 1999). Evaluaciones recientes, según encuestas a laboratorios de suelos (Díaz-Zorita, datos no publicados) y otros estudios (Demmi *et al.* 1992; Echeverría y Ferrari, 1993), muestran la presencia de suelos potencialmente deficientes en este nutriente en el región subhúmeda bonaerense, en áreas reportadas tradicionalmente como moderadas a bien provistas en fósforo disponible. Según estos estudios, la frontera entre suelos deficitarios y bien provistos en este elemento se está desplazando hacia el oeste de la Región Pampeana (Fig. 1).

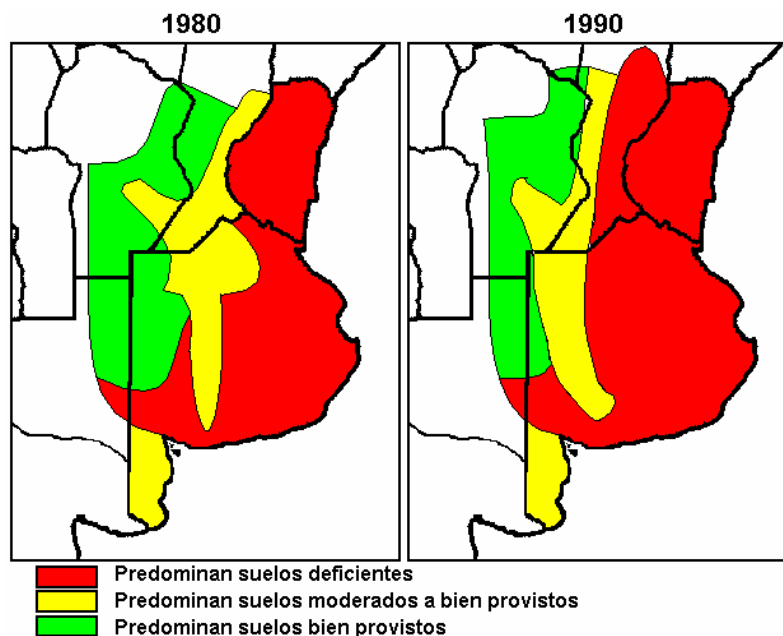


Fig. 1: Cambios en los contenidos de fósforo disponible (Bray Kurtz 1) en la capa superficial de suelos de la Región Pampeana de Argentina (Darwich, 1983 y Darwich, 1994).

IDENTIFICACIÓN DE ALGUNOS FACTORES DE MANEJO QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN SISTEMAS GANADEROS

La principal causa de este proceso se debería a la continua extracción de nutrientes edáficos sin reposición, junto con pérdidas de suelo por empleo de sistemas no conservacionistas de manejo de los mismos. Melgar (com.pers.) indica que por ejemplo en la campaña agrícola 1992-1993 la reposición del fósforo por fertilización fue inferior al 20 % del extraído por cultivos de soja, maíz, girasol y sorgo.

Ayub y Weir (1991) describen reducciones en más del 50 % del nivel disponible de fósforo en montes naturales del sudeste la provincia de Córdoba por la incorporación en agricultura continua durante más de 10 años. Resultados

similares han sido observados en el centro de la provincia de Buenos Aires (Chacra Experimental de Belloq, datos no publicados) como consecuencia del mantenimiento, durante aproximadamente cincuenta años, de sistemas ganaderos sin aplicaciones de fertilizantes (Fig.2). En el noroeste bonaerense menos del 30 % de los sistemas intensificados de producción de carne consideran aplicaciones de fertilizantes en la implantación de pasturas (Zaniboni y Méndez, 1997).

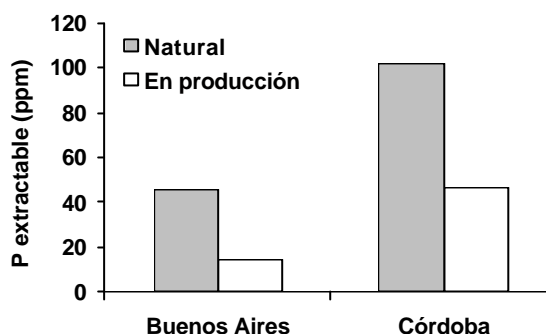


Fig. 2: Efecto del uso agropecuario sobre la disponibilidad de fósforo (BK 1) en la capa de 0 a 20 cm de suelos del centro de Buenos Aires y del sudeste de Córdoba.

En la Tabla 1 se resumen resultados de evaluaciones del estado de fertilidad de los suelos en los modelos intensivos de producción demostrativos de la EEA INTA Gral. Villegas en comparación con condiciones naturales (pasturas de gramíneas sin pastoreo) y sistemas de producción agrícola continua. Se puede observar,

que luego de 20 años de prácticas de producción de carne puras sobre pasturas los contenidos de fósforo disponible son significativamente inferiores a los observados en condiciones de producción mixta ganadero-agrícola, mientras que los niveles de materia orgánica presentan el comportamiento opuesto. Las diferencias en pH de los suelos sólo fueron significativas al comparar entre la situación inicial sin uso del suelo y el observado en el sistema de producción de carne, diferencias atribuibles a una mayor extracción de calcio por las pasturas con base alfalfa disminuyendo la capacidad amortiguadora de la acidificación en condiciones de altos niveles de materia orgánica (Díaz-Zorita et al. 2000).

Tabla 1: Contenidos medios de MO, P (Bray Kurtz 1), pH y DA en la capa superficial de suelos en 3 sistemas de producción representativos del oeste de Buenos Aires, Argentina (Díaz-Zorita et al 2000).. SPG = Sistema de producción ganadero; SPGA = Sistemas de producción ganadero-agrícola; SPAC = Sistema de producción agrícola continuo Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias entre tratamientos (Tukey, 0.05)

	Natural	SPG	SPGA	SPAC
MO (g kg ⁻¹)	39.90 a	28.20 b	26.60 c	25.3 c
P (mg kg ⁻¹)	46.75 a	23.70 c	25.60 b	25.21 b
pH	6.55 a	5.82 b	6.08 ab	6.20 ab
DA (Mg m ⁻³)	---	1.22 a	1.26 a	---

Las plantas absorben grandes cantidades de elementos nutritivos que son empleados para la formación de tejidos (forraje, grano, etc.). Si estos permanecen en el lugar, los elementos contenidos en los vegetales son restituidos al

suelo después de su muerte. Las pérdidas de fertilidad se producen por la salida del establecimiento de cosechas (granos, henos, silos, etc.) y productos de origen animal (carne, leche, lana, heces, etc.). Por ejemplo, en la Fig. 3 se

observa que los niveles de fósforo extractable en la capa superficial de un suelo cultivado con alfalfa para cortes en Gral. Villegas (Bs.As.) se redujeron casi el 22 % luego de 3 campañas continuas de producción. Resultados similares fueron descriptos por Berardo y Marino (1999) para pasturas de alfalfa en el sudeste bonaerense quienes determinaron niveles de extracción de P entre 20 y 50 kg/ha/año en condiciones de producción bajo cortes sin pastoreo.

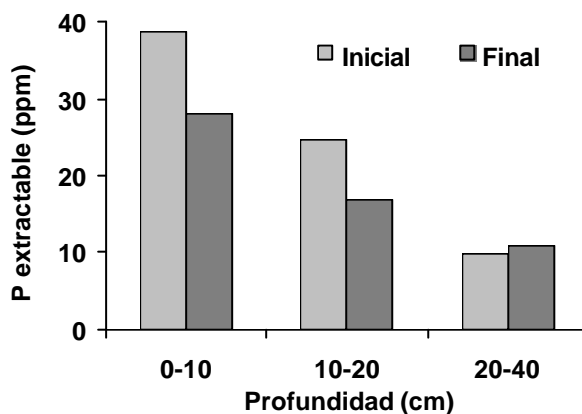


Fig. 3: Cambios en el nivel de fósforo extractable (Bray Kurtz 1) de un Hapludol típico cultivado con alfalfa bajo cortes durante 3 años (Díaz-Zorita, 1997).

De todos los elementos nutritivos consumidos por los animales sólo una pequeña parte es retenida (carne, huesos, etc.) regresando el resto al suelo a través de las deyecciones. Según estimaciones basándose en encuestas a

especialistas en sistemas ganaderos para la región pampeana, la intensificación en la producción de carne permite duplicar y hasta triplicar los rendimientos ganaderos en la Región Pampeana con respecto a sistemas tradicionales de producción. Esta mejora productiva induce a un mayor consumo y exportación total de nutrientes y en mayor magnitud incrementa su traslado fuera del sitio de formación de los alimentos dado que todos estos sistemas intensificados consideran el empleo de suplementos (silos, granos, etc.). En términos de unidades de fertilizantes fosfatados, el aumento en la producción de 300 kg/ha de carne a 570 kg/ha representa el pasaje de exportaciones de 30 kg/ha de superfosfato triple (46 % de P_2O_5) a niveles de casi 57 kg/ha al año. Si consideramos que en promedio las reservas totales de fósforo en la capa arable de los suelos de la Región Pampeana son de aproximadamente 500 kg/ha. La ausencia de reposición de los traslados de fertilidad en sistemas intensivos llevaría al agotamiento casi total de este elemento en menos de 40 períodos productivos y con anterioridad a reducciones notorias en la producción de cultivos y en la eficiencia de uso otros insumos por deficiencias de fósforo para el normal desarrollo de las plantas.

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA FERTILIDAD DE SUELOS EN SISTEMAS

GANADEROS

Las heces y otros residuos animales han sido utilizados durante muchos años en diferentes regiones agropecuarias como fuente básica de nutrientes para el mejoramiento en la producción de cultivos de cosecha y de especies forrajeras. La restitución de elementos fertilizantes a través de las heces no se realiza de forma uniforme en toda la pastura, sino que se detectan sectores de concentración (proximidades de aguadas, comederos, alambrados, callejones, etc.) y normalmente la transferencia fuera del sitio de pastoreo (corrales de encierre, salas de ordeño, camiones, etc.). Por otra parte, es normal que las reservas de forraje, aún producidas en un mismo establecimiento, sean suministradas en potreros diferentes al de origen constituyendo en importantes traslados de fertilidad, llegando en estos sectores al aumento en los niveles de nutrientes en magnitud similar a la condición original sin uso agropecuario. La práctica de incorporación de la aguada en cada parcela de pastoreo asegura una mejor distribución de las heces y reduce las pérdidas de nutrientes hacia sectores improductivos al asegurarse una mayor permanencia de los animales en los sectores bajo pastoreo. (Fig. 4).

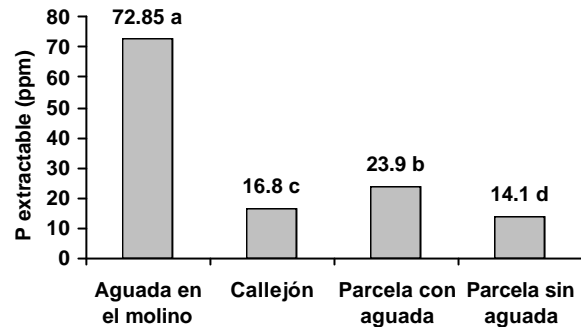
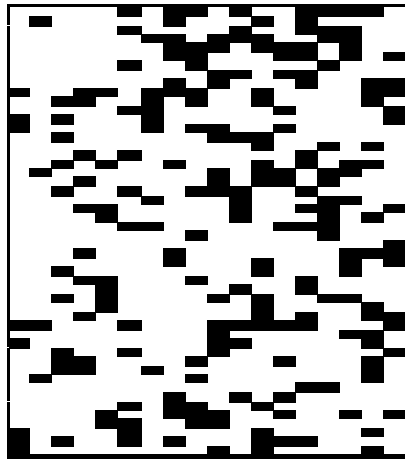


Fig. 4: Efecto de la ubicación de aguadas sobre el nivel de fósforo extractable (Bray Kurtz 1) en un Hapudol éntico en sistemas de pastoreo intensivo (Díaz-Zorita et al. 1998). Letras diferentes en cada tratamiento indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

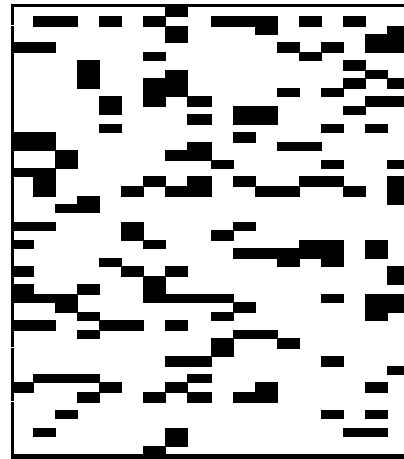
Las áreas de deposición son muy pequeñas, aún en sistemas intensivos, dependiendo del sistema de pastoreo y de las condiciones de manejo. Estudios recientes en el oeste bonaerense muestran que en pastoreos con altas cargas instantáneas que logran bajos tiempos de permanencia en las parcelas, el bosteo cubre aproximadamente el 13 % de la superficie pastoreada y es superior a la detectada en condiciones de pastoreos mas prolongados (Fig.5). En este estudio no se detectaron diferencias significativas en los pesos individuales de las heces por lo que la mayor concentración instantánea de animales favorecería el esparcido de las heces por estallido y desparramado como consecuencia del pisoteo. No se detectaron diferencias significativas en los

niveles de materia orgánica ni en los de fósforo de los suelos luego de 3 años de la aplicación continua de los tratamientos descritos por lo que la reducción en el tamaño de las parcelas de pastoreo y consecuente aumento en la carga

instantánea mejoraría la distribución de heces y ciclado de nutrientes a través de estas constituyendo una herramienta para atenuar las pérdidas de fertilidad por traslados de nutrientes (Díaz-Zorita y Davies, 2000).



Un día de pastoreo



Cinco días de pastoreo

Fig. 5: Distribución de heces vacunas luego del pastoreo de pasturas de alfalfa con uno o cinco días de permanencia en las parcelas. Superficie evaluada = 0.3 ha, observaciones = 900/tratamiento (Díaz-Zorita et al. 1998).

Dado que los sistemas agrícolas y ganaderos se encuentran conectados a través del ingreso de nutrientes en los fertilizantes o en los alimentos y el egreso en productos de carne o grano (Fig.6), la práctica de fertilización fosfatada es la única alternativa para el mejoramiento y la conservación uniforme de los niveles de fósforo de los suelos de la Región

Pampeana. En la medida que la principal fuente de alimento para la producción de carne son las pasturas, los pastoreos con altas cargas instantáneas permiten una mejor distribución de las restituciones pero no eliminan la reducción en la disponibilidad generada por el consumo del forraje y la transferencia por concentración en las heces.

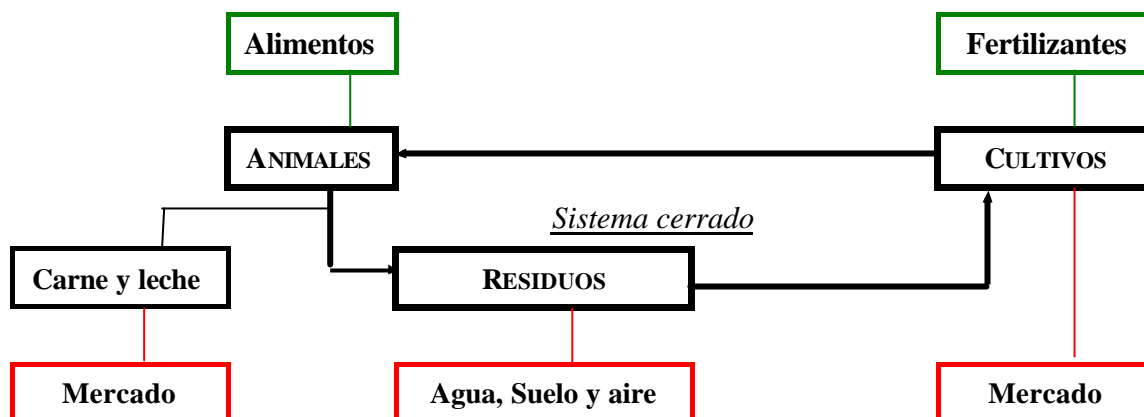


Fig. 6: Esquema del balance de masas de nutrientes en sistemas de producción de carne (Smolen *et al.* 1995).

Sobre la base de este esquema, y según los niveles de extracción estimados para sistemas de producción característicos del noroeste bonaerense evaluados considerando una metodología similar a la empleada por Coffey *et al.* 1999 para un estudio similar en el estado de Kentucky (USA), se observa que la intensificación en la producción de carne conduce a niveles de pérdida de fósforo similares a los obtenidos por rotaciones agrícolas continuas (Fig. 7). Este comportamiento es explicado más por la concentración y los traslados de fertilidad en las heces que inducidos por el aumento en la inmovilización y la extracción en los animales y se manifestó en las diferencias de fósforo extractable de los suelos al comparar ambos sistemas tal lo presentado en la tabla 1 (Díaz-Zorita *et al.* 2000).

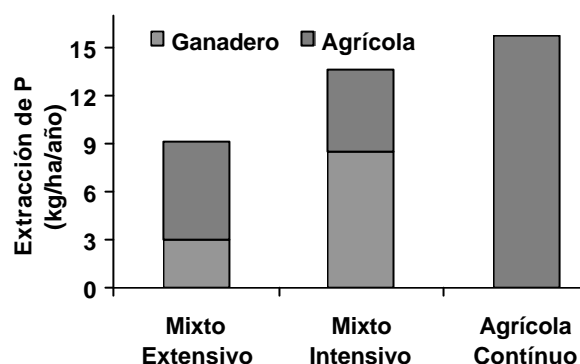


Fig. 7: Niveles estimados de extracción de fósforo en sistemas agropecuarios del noroeste bonaerense (Díaz-Zorita, 1997).

Las aplicaciones de fertilizantes con fósforo mejoran las condiciones de nutrición de las plantas y los excesos son retenidos en el suelo bajo diferentes formas de reserva siendo sus pérdidas de escasa magnitud y estrechamente vinculadas a procesos de erosión y pérdida de suelo no frecuentes en pasturas. Evidencias del uso intensivo de fuentes fosfatadas y el mejoramiento en la disponibilidad de este nutriente fueron

reportadas en un relevamiento de suelos de la región sudeste bonaerense (Fig. 8, Echeverría, 1997) y en otros ambientes.

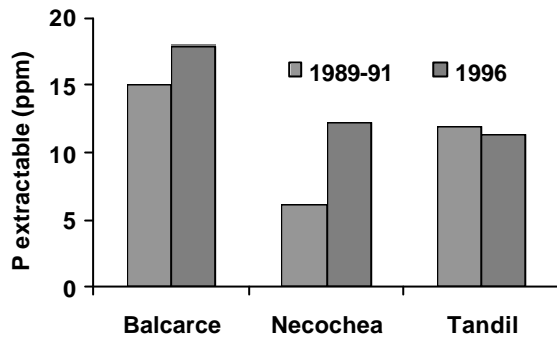


Fig. 8: Niveles medios de fósforo extractable (Bray Kurtz 1) en la capa superficial de suelos del sudeste bonaerense (Echeverría, 1997).

Cuando es factible, es deseable el incremento de los contenidos de fósforo de los suelos por encima de los niveles críticos (aproximadamente 16 a 25 ppm) y su mantenimiento a través de pequeñas aplicaciones de mantenimiento. Esta estrategia permite la optimización en los rendimientos potenciales de los cultivos y sus retornos económicos independientemente de otras condiciones ambientales (Halvorson et al. 1997).

CONCLUSIONES

1. La intensificación en los sistemas de producción, tanto agrícolas como ganaderos, ha conducido a la reducción en los niveles disponibles de fósforo y otros nutrientes en los suelos de la Región Pampeana.
2. Tal como en agricultura, la mayor producción de carne induce a un mayor consumo de nutrientes pero su impacto en los agrosistemas es de mayor magnitud asociados a los traslados en las heces.
3. Para el balance de las extracciones de nutrientes se debe considerar su aplicación uniforme a través de la fertilización.
4. Los sistemas de producción de carne bajo pastoreo en la Argentina son sustentables en la medida que se compensen las pérdidas de nutrientes de los suelos como consecuencia de su extracción en los productos animales y su traslado en las heces.

REFERENCIAS

- AYUB, G. y WEIR, E. 1991. Niveles de fósforo asimilable y otros nutrientes en suelos del sudoeste de la Pcia. De Córdoba. INTA, EEA Marcos Juárez. Informe Especial N°1, 11 p.
- BERARDO, A.; MARINO, M.A. 1999. Fertilización fosfatada de alfalfa en el Sudeste Bonaerense. INPOFOS Informaciones Agronómicas del Cono Sur 4: 4-6.
- COFFEY, R.; BOWMAN, R.; ANDERSON, L.; COCANOUGH, J.; CRIST, B.; FLEMING, R.; HENKEN, K.; JOHNSON, J.; MITCHELL, R.; OVERHULTS, D.; PESCATORE, T.; RASNAKE, M.; SAMSON, S.; THOM, B. 1999. Assessment of the potential for livestock and poultry manure to provide the nutrients removed by crops and forages in Kentucky. University of Kentucky, Cooperative Extension Service, IP-56, 18 pp.
- DARWICH, N. A. 1983. Niveles de fósforo asimilable en suelos pampeanos. IDIA Enero-Abril: 409-412.
- DARWICH, N.A. 1994. Los sistemas mixtos y la fertilidad de los suelos. In AACREA ed. Simposio Tecnológico, 2do. Buenos Aires, Argentina. 16 p.
- DEMMI, M.A., PRIETO, J.L., VERNIZZI, A. y GONZALEZ, C. 1992. Niveles de fósforo disponible en suelos agrícolas del sur de la provincia de Santa Fe. INTA, EEA Oliveros. Informe para Extensión N°61, s/p.
- DIAZ-ZORITA, M. 1997. Intensificación en la producción de carne y sostenibilidad en la Región Pampeana. In INTA ed. Congreso Nacional de Producción Intensiva de Carne, Primero. Actas. Buenos Aires - Córdoba, Argentina. pp. 221-235.
- DIAZ-ZORITA, M. y DAVIES, P. 1995. Cobertura vegetal y propiedades edáficas de pasturas perennes en la región noroeste bonaerense. Evaluación preliminar. In Asociación Argentina de Producción Animal ed. Reunión Latinoamericana, XIV y Congreso Argentino, 19°. Memorias. Mar del Plata, Argentina. pp. 213-215.
- DIAZ-ZORITA, M., DUARTE, G. y GROSSO, G. 1998. Soil fertility distribution in livestock production systems with pastures directly grazed. In Precision Agriculture Conference, Proceedings. Minnesota, USA.
- DIAZ-ZORITA, M.; DAVIES, P. 2000. Efecto de la intensificación en el uso de las pasturas sobre su composición y algunas propiedades edáficas. Enviado al Congreso Argentino de Producción Animal.
- DIAZ-ZORITA, M.; GONELLA, C.; ZANIBONI, M.; GROSSO, G. 2000. Sistemas de producción de carne y fertilidad de suelos en Hapludoles del oeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, Montevideo (Uruguay).
- ECHEVERRIA, H. 1997. Impacto de los fertilizantes sobre el pH, fósforo disponible y materia orgánica de los suelos del sudeste bonaerense. Visión rural VI-26:39-40 y 49.
- ECHEVERRIA, H. y FERRARI, J. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. INTA, EEA Balcarce. Boletín Técnico N°112, 18 p.
- GARCIA, F. 1996. el ciclo del nitrógeno en ecosistemas agrícolas. En EEA INTA "Gral. Villegas", curso de capacitación y actualización para profesionales en "Fertilidad de suelos y fertilización". Agosto de 1996, pp.29-39.
- GUERTEL, E.A., ECKERT, D.J., TRINA, S.J. y LOGAN, T.J. 1991. Differential phosphorus retention in soil profiles under no till crop production. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 410-413.
- HALL, A.J., REBELLA, C.M., GHERSA, C.M. y CULOT, J.P. 1992. Field-crop systems of the pampas. In Pearson C.J. Field Crop Ecosystems. Elsevier ed. Holanda. pp. 413-450.
- HALVORSON, A.D., HAVLIN, J.L. y SCHLEGEL, A.J. 1997. Nutrient management for sustainable dryland farming systems. Annals of Arid Zone 36: 233-254.
- MONTOYA, J., BONO, A., SUAREZ, A., DARWICH, N y BABINEC, F. 1999. Cambios en los contenidos de fósforo asimilable en suelos

- del este de la provincia de La Pampa, Argentina. *Ciencia del Suelo* 17: 45-48.
- PRUESS, A. 1989. Verfügbares phosphat in boden aus LÖB-vulkanasche gemischen der Argentinischen pampa-semiarida. Diplomarbeit, Universität Hohenheim, 98 pp.
- PURICELLI, C.A. 1985. La agricultura rutinaria y la degradación del suelo en la Región Pampeana (sector: Provincia de Buenos Aires, Córdoba y La Pampa). *Rev. Arg. Prod. Animal* 4:33-48.
- RACCA, R.W., BASIGALUP, D., BREZONI, E., BRUNO, O., CASTELL, C., COLLINO, C., DARDANELLI, J., DIAZ-ZORITA, M., DUHLDE, J., GONZALEZ, N., HANSEN, W., HEINZ, N., LAICH, F., LOPEZ, A., PERALTA, O., PERTICARI, A., QUADRELLI, A., RIVERO, E., ROMERO, N. y SERENO, R. 1997. Symbiotic dinitrogen fixation in alfalfa in the Argentine pampean region. In *International Symposium in Soil and Plant Analysis, 5th. Proceedings*. Minneapolis, USA.
- SILLAMPAÄ, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils. A global study. *FAO Soils bulletin* N° 48, 444 p.
- SMOLEN, M.D., KENKEL, P.L y STORM, D.E. 1995. Nitrogen and phosphorus distribution in Oklahoma: A mass balance of animal feeds, animal manures, crops, and fertilizer nutrients. In *Innovations and new horizons in livestock and poultry manure management. Proceedings*. Austin, USA. pp. 39-50.
- STEWART, B.A. y ROBINSON, C.A. 1997. Are agroecosystems sustainable in semiarid region ?. *Advances in agronomy* 60: 191-228.
- SUERO, E. y GARAY, A.E. 1978. Estado estructural del horizonte superficial de suelos Brunizem del S.E. Bonaerense. II. Modificaciones producidas por el manejo. In *Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo ed. Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, VIII*. Buenos Aires, Argentina. pp. 7-8.
- ZANIBONI, M. y MENDEZ, D. 1997. Las pasturas perennes en los sistemas productivos del noroeste bonaerense. INTA, EEA

Gral.Villegas. "Utilización de recursos forrajeros". Jornada. Gral Villegas, Argentina.