

CICLAJE DE NUTRIENTES POR ANIMALES EN PASTOREO

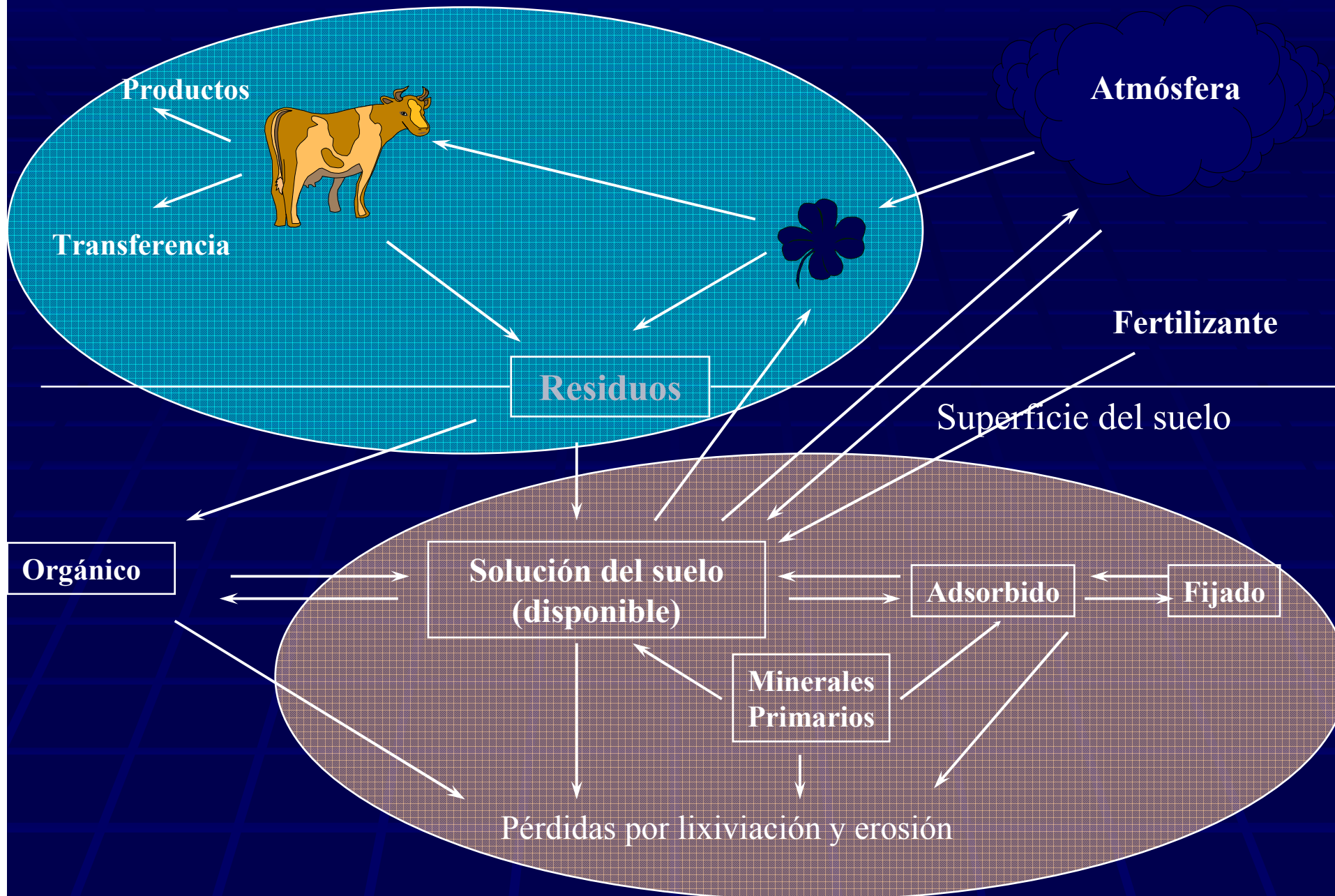
Amabelia del Pino

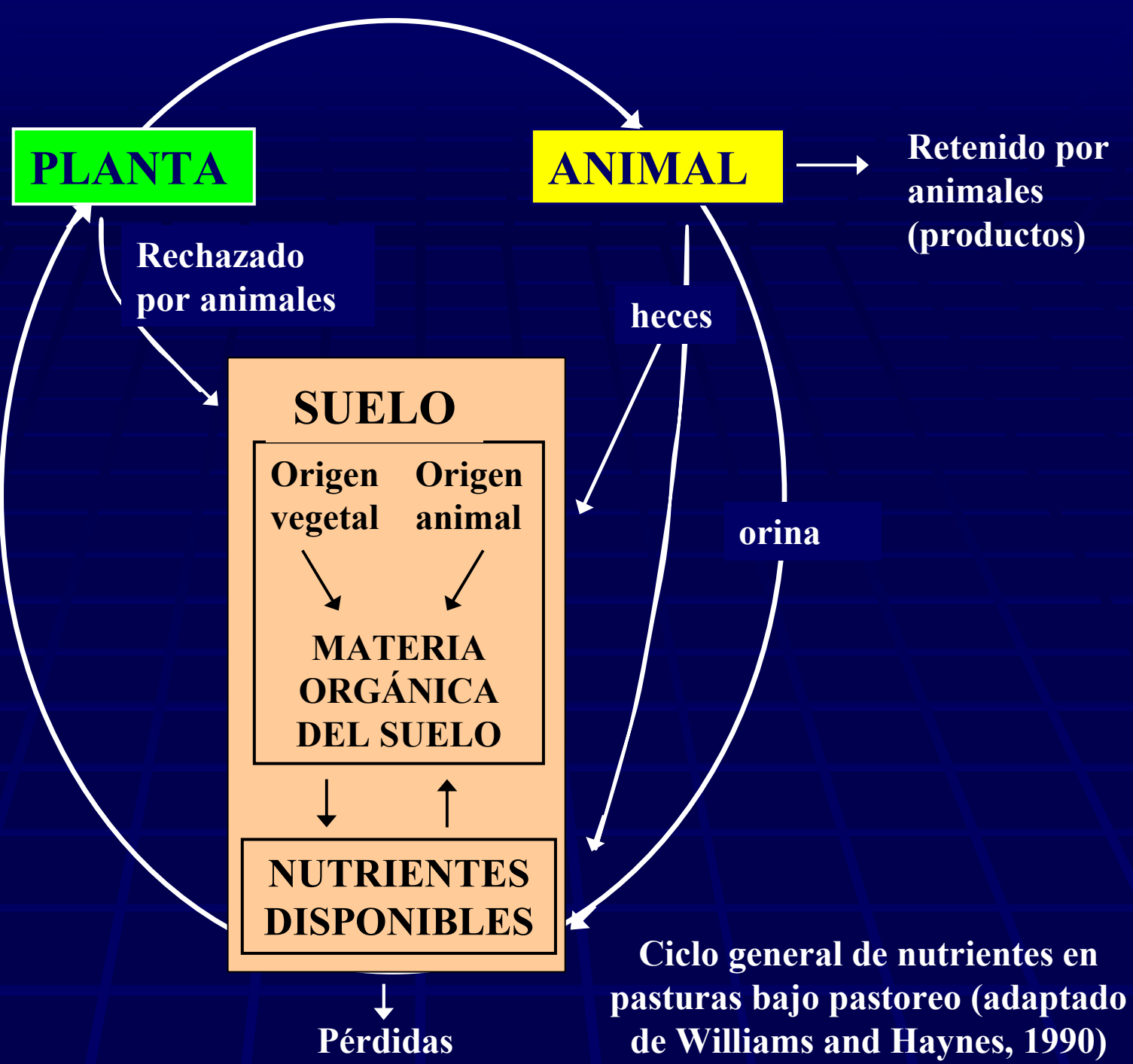
CICLAJE DE NUTRIENTES BAJO PASTOREO

TEMAS A TRATAR:

- **Proporción de nutrientes a reciclar**
- **Factores de ineficiencia del reciclaje –
Distribución y cantidades de nutrientes**
- **Ciclaje de fósforo**
- **Ciclaje de potasio**
- **Ciclaje de nitrógeno – Balances y pérdidas**
- **Cambios en la magnitud del ciclaje de nutrientes
en dos sistemas de producción extensiva**
- **¿Cómo mejorar la eficiencia del reciclaje de
nutrientes bajo pastoreo?**

CICLO DE NUTRIENTES BAJO PASTOREO





Ciclo general de nutrientes en pasturas bajo pastoreo (adaptado de Williams and Haynes, 1990)

Destino de los minerales ingeridos por vacas lecheras en producción (Adaptado de Hutton et. al, 1965)

Elemento	% en heces	% en orina	% en leche	% retenido
N	26	53	17	4
P	66	-	26	8
K	11	81	5	3
Mg	80	12	3	5
Ca	77	3	11	9
Na	30	56	8	6

**Contenido de nutrientes en heces de ovinos y bovinos, y proporción extractable en agua.
Williams and Haynes, 1994**

Elemento	OVINOS		BOVINOS	
	Contenido	Extractable	Contenido	Extractable
		en agua %		en agua %
Ca %	1.3	25	1	53
K %	1.5	45	1.8	83
Mg %	0.64	21	0.83	48
N %	1.5	30	2.7	16
P %	0.57	50	0.82	89
S %	0.2	49	0.43	28

**Dosis típicas de aplicación de algunos nutrientes en heces de ovinos y bovinos.
(Haynes and Williams, 1993)**

	Concentración (%)	Dosis aplicada (kg/ha)	
		ovinos	bovinos
Materia orgánica	80	4000	32000
N	2.6	130	1040
P	0.70	35	280
S	0.25	13	100
K	1.0	50	400
Ca	2.0	100	800
Mg	0.66	33	264

Reciclaje de N, S y K a través de orina - equivalencia de aplicación

ELEMENTO	Concentración (g / litro)	Dosis aplicada (kg / ha)	
		Ovinos	Bovinos
N	10.0	500	1000
S	0.35	18	35
K	9.0	450	900

Haynes y Williams, 1993

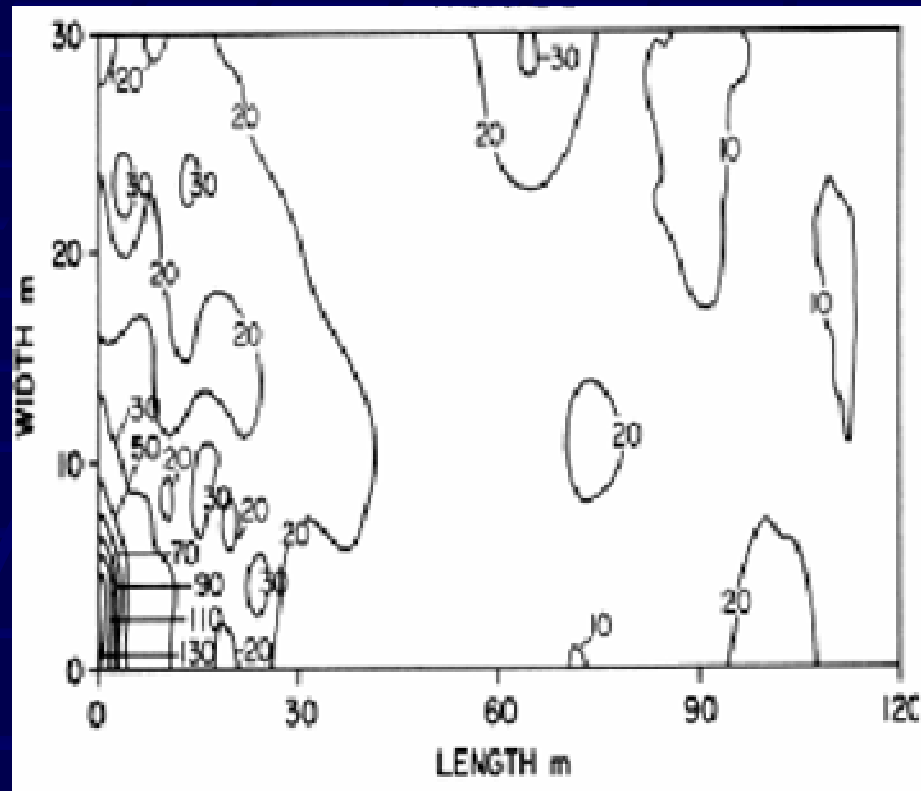
Área de deposición de orina y heces de ovinos y bovinos. (Haynes and Williams, 1993)

	OVINOS		BOVINOS	
	heces	orina	heces	orina
Área de deposición (m ²)	0.02	0.03-0.05	0.05	0.2-0.5
Frecuencia diaria	20-25	20	10-15	10
% de área cubierta en un año por (2 UG/ha)	15	25	5	11

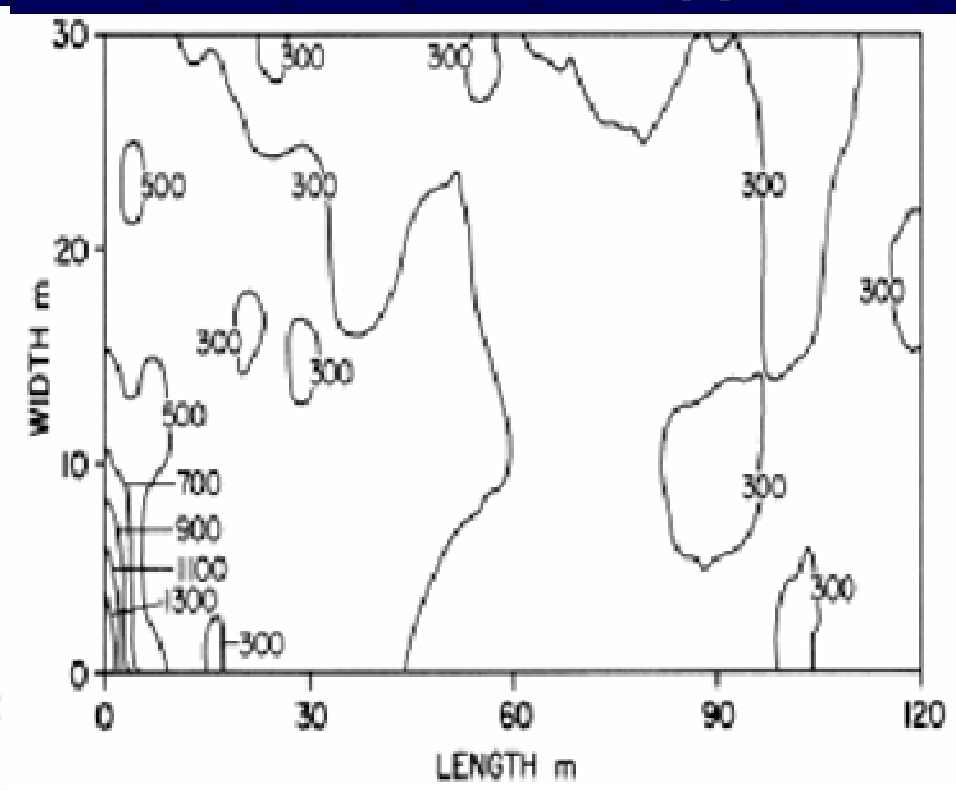
- Para las dos especies la superficie cubierta por orina es menor que la cubierta por heces. Por lo tanto es de esperar una mejor distribución de los nutrientes que se reciclan por orina
- Los ovinos, por su mayor frecuencia de deposición y menor área cubierta realizan una redistribución más equitativa.
- También debe tenerse en cuenta los hábitos (por ejemplo lugares de concentración de los animales)

Distribución de nutrientes en el suelo en un predio lechero: P disponible y K interc. a partir de una fuente de agua (cero del extremo izq.). Esquemas realizados mediante muestreos de grilla cubriendo todo el área de la parcela. Adapt. West et al., 1989

P disponible (ppm)



K intercambiable (ppm)



RESUMEN

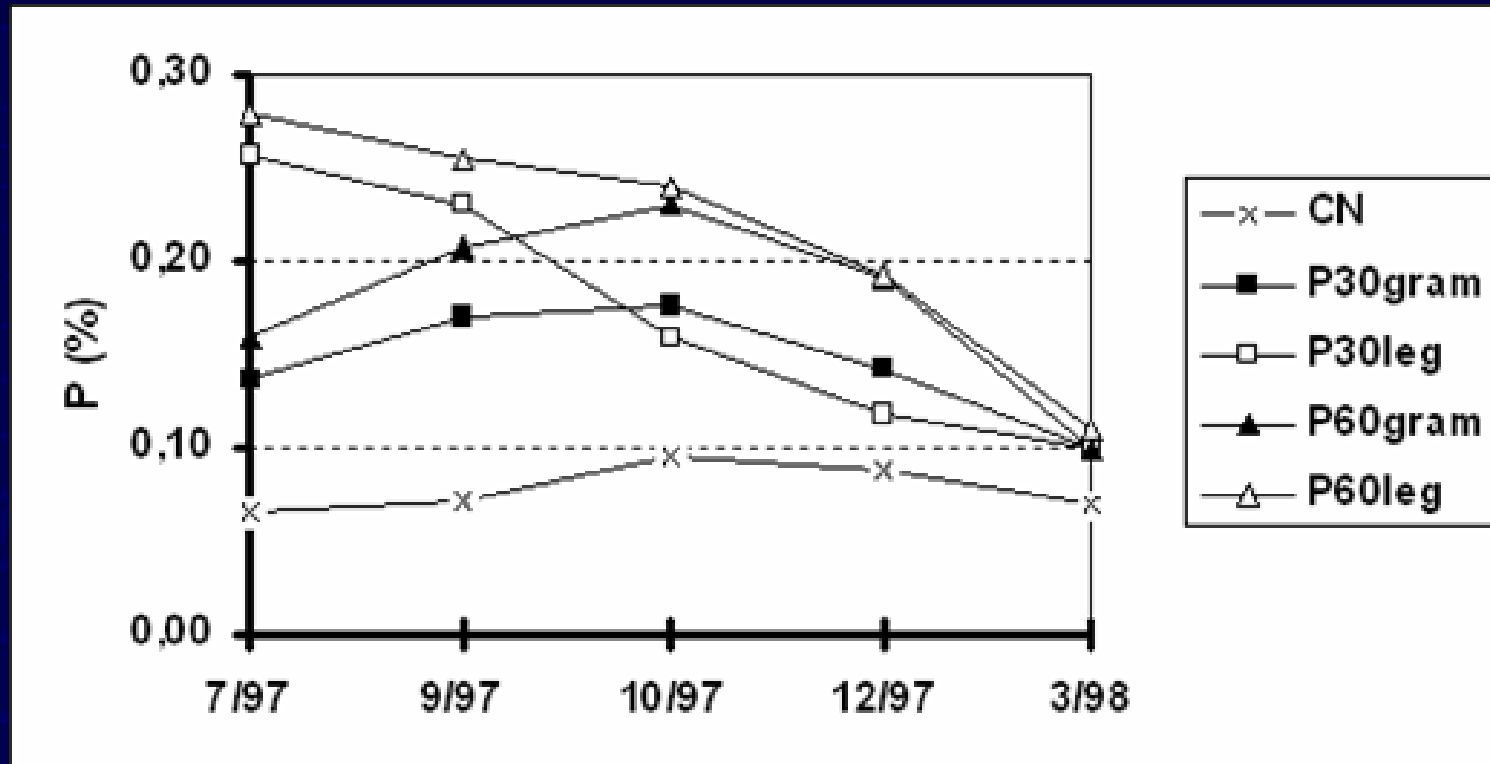
- **La mayor parte de los nutrientes en los sistemas de pastoreo se recicla a través de los animales**
- **La distribución de heces y orina es desigual por lo tanto habrá áreas que se empobrecen y otras que se enriquecen en nutrientes.**
- **Los nutrientes de las zonas enriquecidas no pueden ser utilizados totalmente por las plantas, lo que promueve procesos de pérdida y retrogradación**
- **Esto provoca una ineficiencia en el reciclaje de nutrientes que es inherente al sistema de producción.**

CICLAJE DE FÓSFORO

FOSFORO EN SISTEMAS BAJO PASTOREO

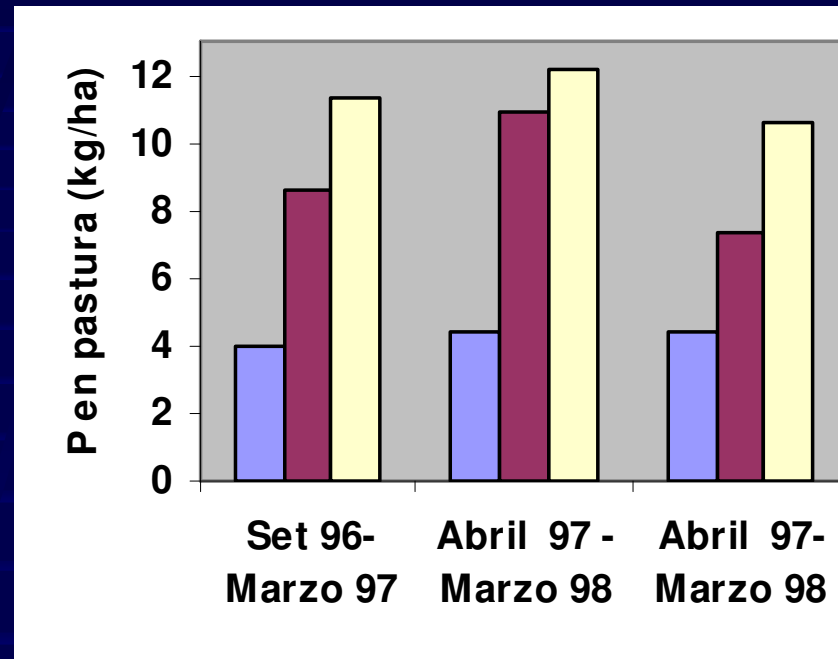
- **Los suelos del Uruguay son deficientes en P. Esto afecta la producción en el campo natural.**
- **La mayor parte del reciclaje de P se produce a través de las heces. La eficiencia del proceso depende de su distribución. Las heces tardan en descomponerse y esto depende del clima.**
- **El contenido de P de las heces depende del contenido de P de la pastura que consumieron los animales.**
- **El P en las heces se encuentra en forma orgánica (no disponible), en forma inorgánica insoluble y en forma orgánica soluble (disponible). La proporción de P disponible aumenta al aumentar el contenido de P de las heces.**
- **Las causas más importantes de pérdida de P del sistema son: Transferencia hacia áreas improductivas y erosión.**

La fertilización fosfatada aumenta el contenido de P en las pasturas



Contenido de P en pasturas de campo natural y coberturas con diferentes dosis de P (30 y 60 kg/ha) sobre suelos de Basalto. Periodo julio 1997-marzo 1998- del Pino et al., 1998

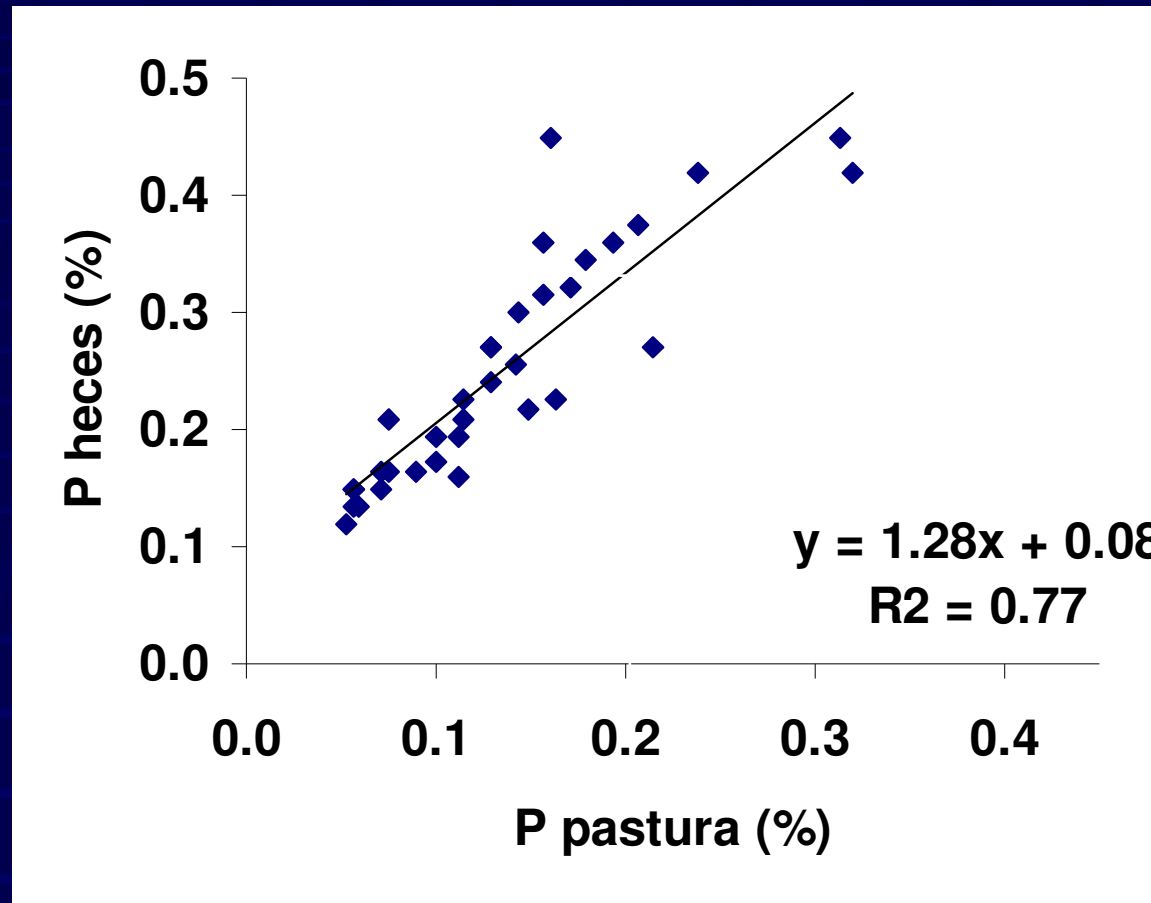
Contenido de N y P en las pasturas (kg de nutriente/ha)



Cantidades de P presentes en pasturas sobre suelos de basalto medio a profundo pastoreadas por terneros. Tratamientos: Campo natural, siembra en cobertura de *Lotus corniculatus* y trébol blanco que recibían anualmente 30 ó 60 kg de P_2O_5 /ha (CN, P30 y P60).

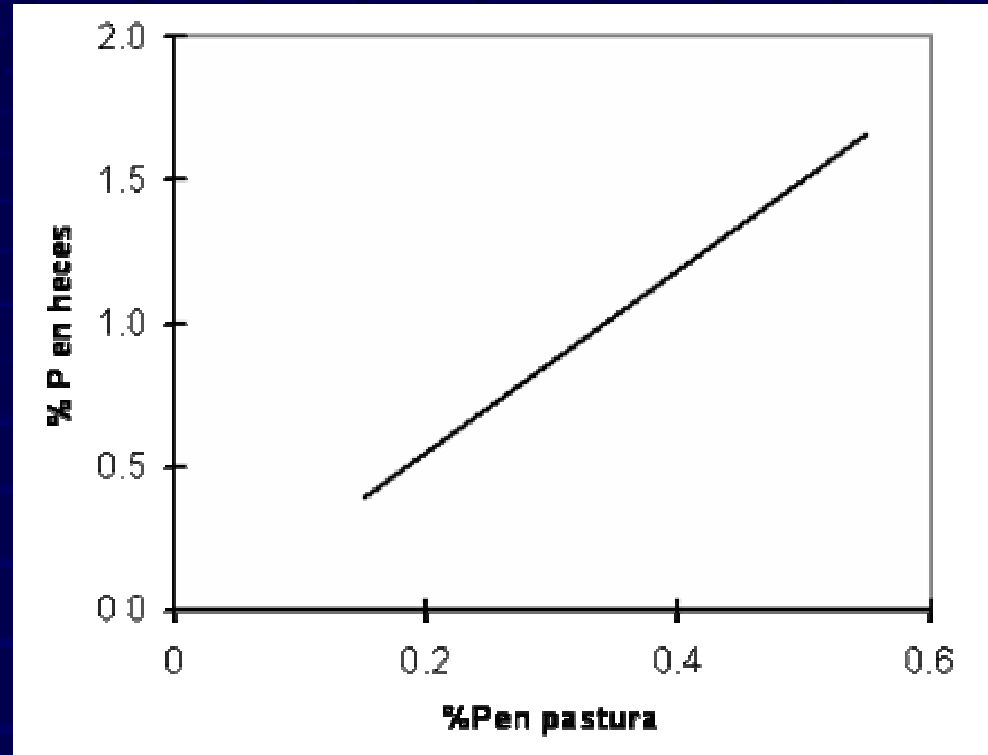
del Pino et. al, 2000

El contenido de P de las heces está directamente relacionado al de la pastura que consumen los animales



Relación entre el contenido de P total de la pastura y heces colectadas en las mismas parcelas. (Coberturas sobre suelos de Basalto). del Pino y Hernández, 2002

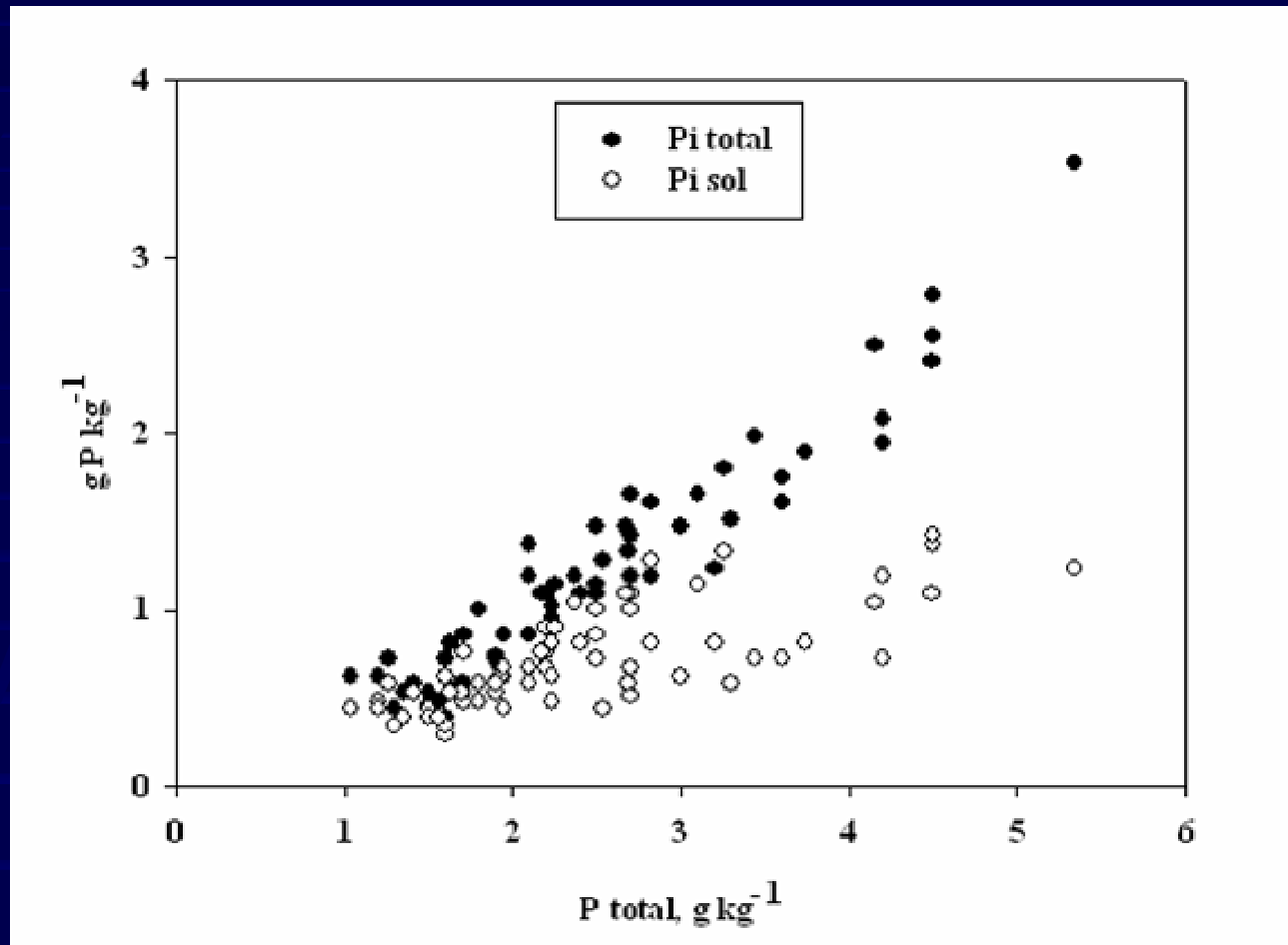
Si bien la relación observada en pasturas de Nueva Zelandia es similar a la de Uruguay, nótese la diferencia en contenidos de P de heces y pasturas entre la gráfica anterior y esta. Este hecho determinará grandes diferencias en potencial de reciclaje en uno y otro caso



Relación entre el contenido de P total de la pastura y heces colectadas en las mismas parcelas en Nueva Zelandia.

Adaptado de Rowarth et al. 1989

No todo el P de las heces está inmediatamente disponible



Proporción de P insoluble y soluble con respecto al P total de la pastura y heces colectadas en las mismas parcelas (Coberturas sobre suelos de Basalto). del Pino y Hernández, 2002

CICLAJE DE POTASIO

POTASIO EN SISTEMAS BAJO PASTOREO

- **Los suelos del Uruguay no son generalmente deficientes en K. Este está disponible para las plantas en forma intercambiable (K^+).**
- **La mayor parte del reciclaje de K en el sistema se lleva a cabo a través de la orina**
- **El K de la orina, e incluso en las heces, se encuentra en forma inmediatamente disponible (K^+) ya que no forma parte de compuestos orgánicos. Este hecho hace que el reciclaje de K en los sistemas de pastoreo sea relativamente eficiente.**
- **Las causas más importantes de pérdida de K del sistema son: Transferencia hacia áreas improductivas y erosión.**

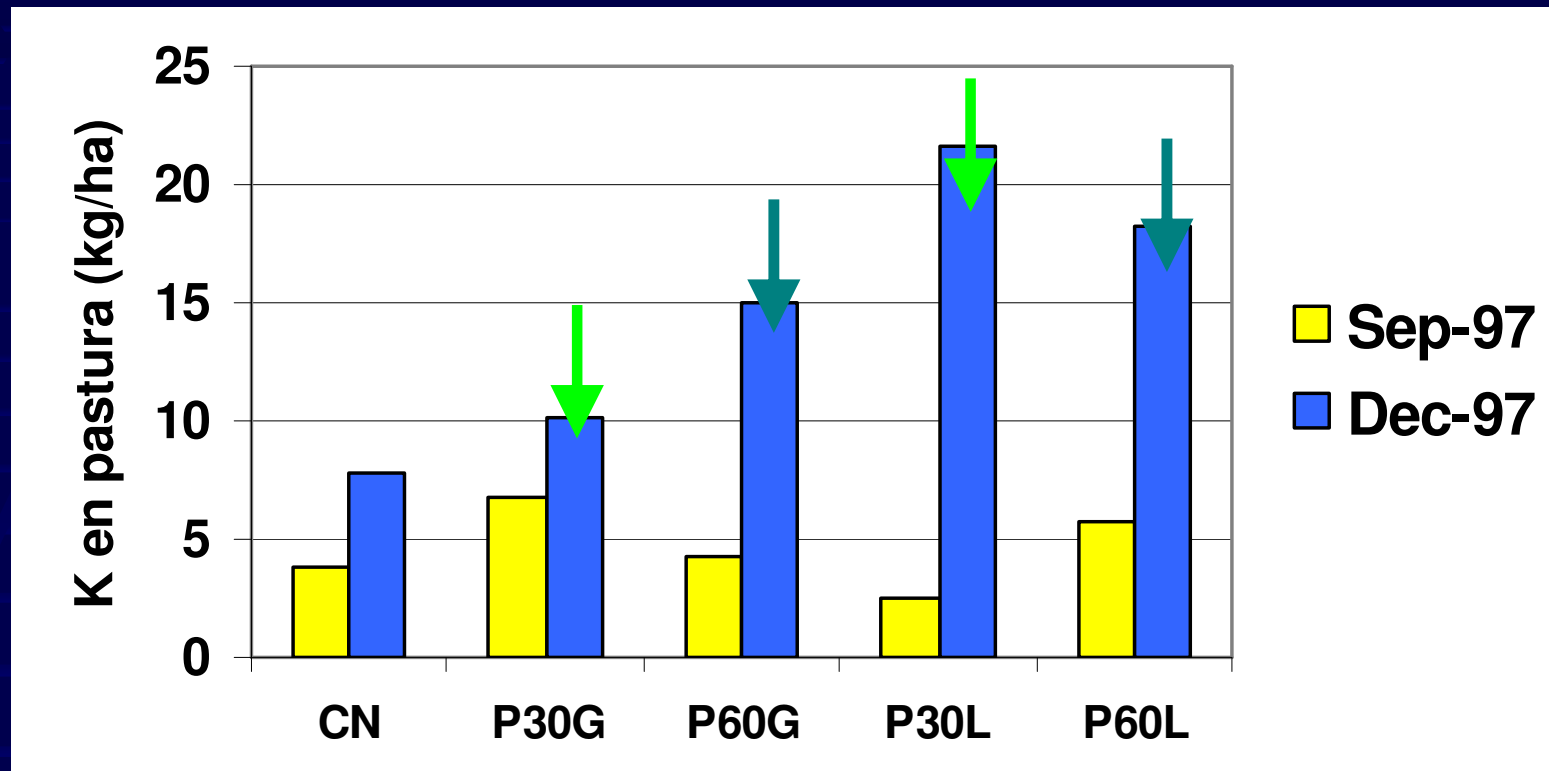
Concentración de K y producción de forraje de campo Natural, gramíneas y leguminosas de coberturas sobre suelos de Basalto con diferentes niveles de P (30 y 60 kg/ha/año)

	Corte de Pastura setiembre		Corte de Pastura diciembre	
	Conc de K	MS	Conc de K	MS
	(g kg ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Campo Natural	5.6 *	636	7.9	1058
Cob P30 - Gram	15.8	517	12.6	893
- Leg	14.6	305	17.7	1199
Cob P60 - Gram	14.0	320	13.6	1013
- Leg	18.5	363	12.9	1328

Nivel crítico de K para ovinos (MAF, NZ, 1985) = 5 g kg⁻¹

Nivel crítico de K para vacunos aprox 10 g kg⁻¹

Contenido total de K en campo natural, gramíneas (G) y leguminosas (L) de coberturas sobre suelos de Basalto con diferentes niveles de P (30 y 60 kg/ha/año)



Se concluye que en los mejoramientos que tuvieron mayor producción de forraje, y a la vez habían sostenido mayores cargas, la magnitud del ciclaje de K fue mayor, lo que se reflejó en mayores contenidos de K en el forraje.

del Pino y Andión, 2004

CICLAJE DE NITRÓGENO:

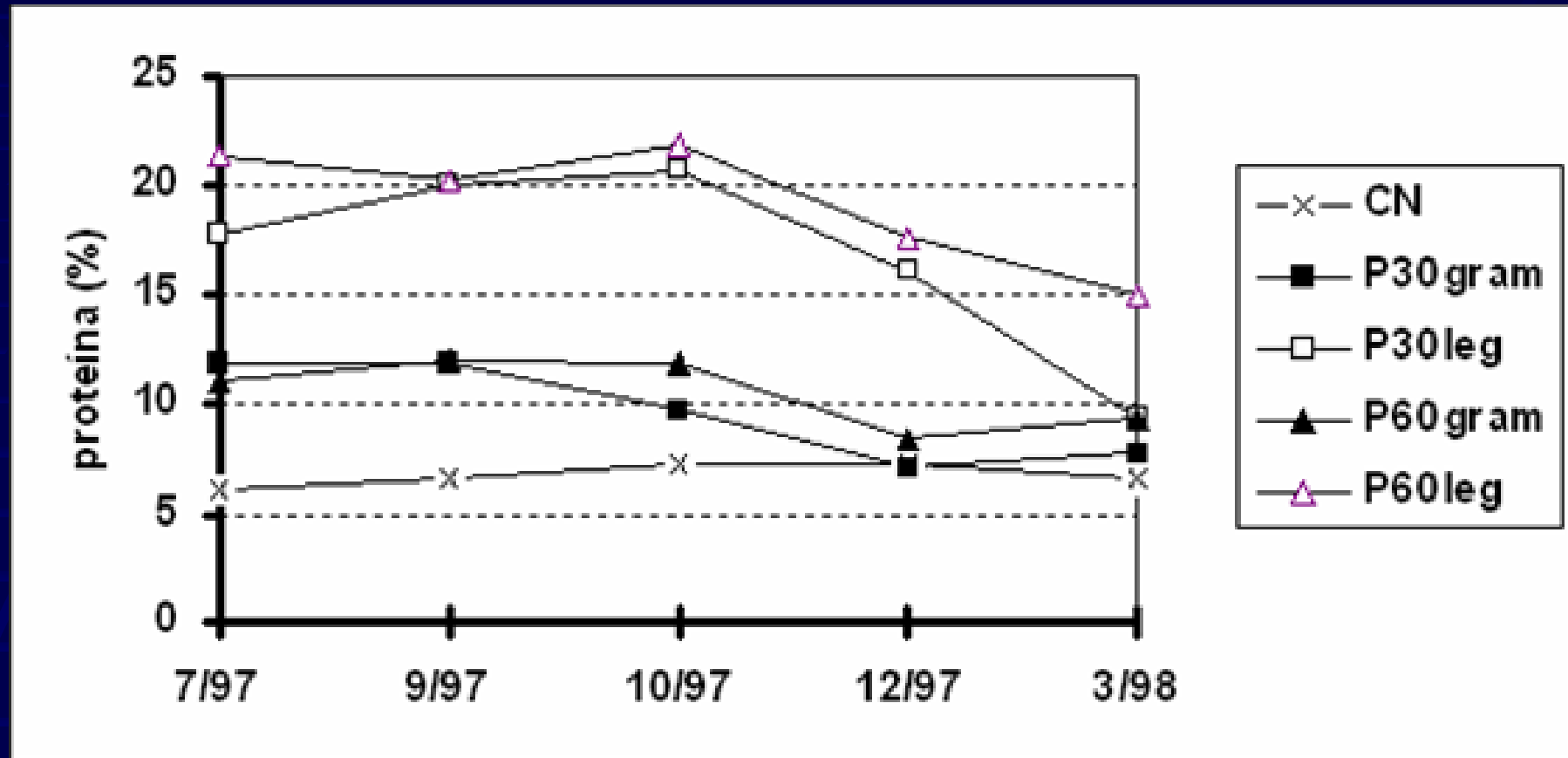
- PÉRDIDAS DE N**
- BALANCE DE N EN EL SISTEMA**

**¿DE DÓNDE PROVIENE EL
NITRÓGENO DE LAS
PASTURAS?**

NITRÓGENO EN SISTEMAS BAJO PASTOREO: FUENTES

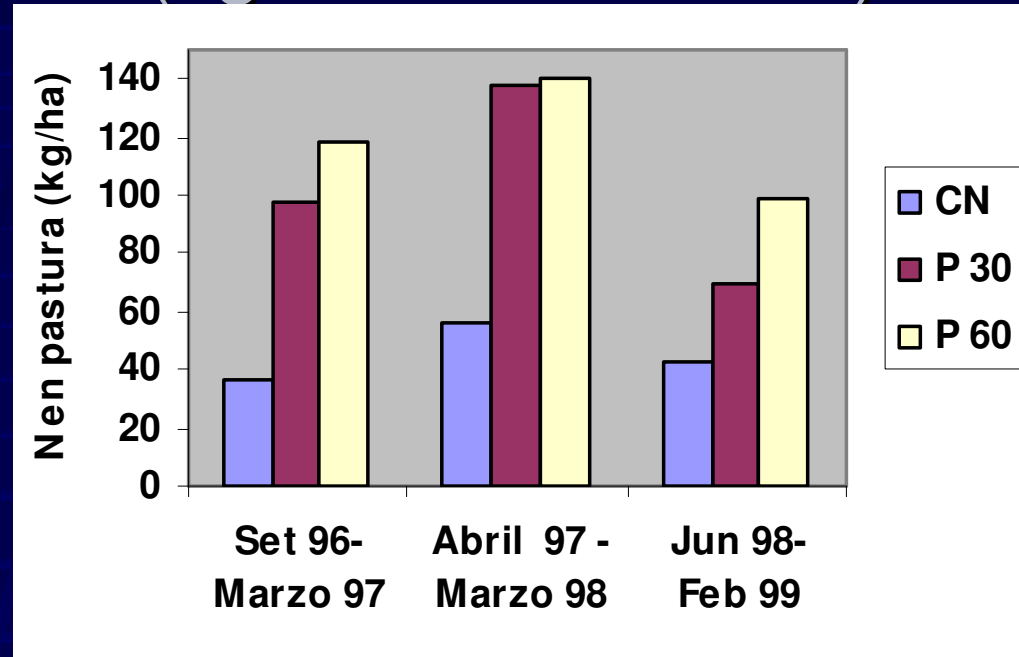
- **Las fuentes de N en pasturas son: Suelo y fijación biológica (FBN).**
- **La mayor parte del N del suelo es orgánico, el N mineral producido raras veces se acumula ya que las plantas lo utilizan en la medida que se produce.**
- **La mineralización de N de la MO del suelo se ve favorecida por condiciones de alta temperatura y humedad, es menor por lo tanto en invierno.**
- **El N fijado simbióticamente por las leguminosas puede transferirse a las gramíneas directamente (minoritario) o por mineralización de residuos (raíces, nódulos, parte aérea senescente). También existe transferencia a través de las deyecciones de los animales en pastoreo.**

Transferencia de N de leguminosas a gramíneas bajo pastoreo



Contenido de proteína en pasturas de campo natural y coberturas con diferentes dosis de P sobre suelos de Basalto. Periodo julio 1997-marzo 1998- del Pino et al., 1998

Contenido de N en las pasturas (kg de nutriente/ha)



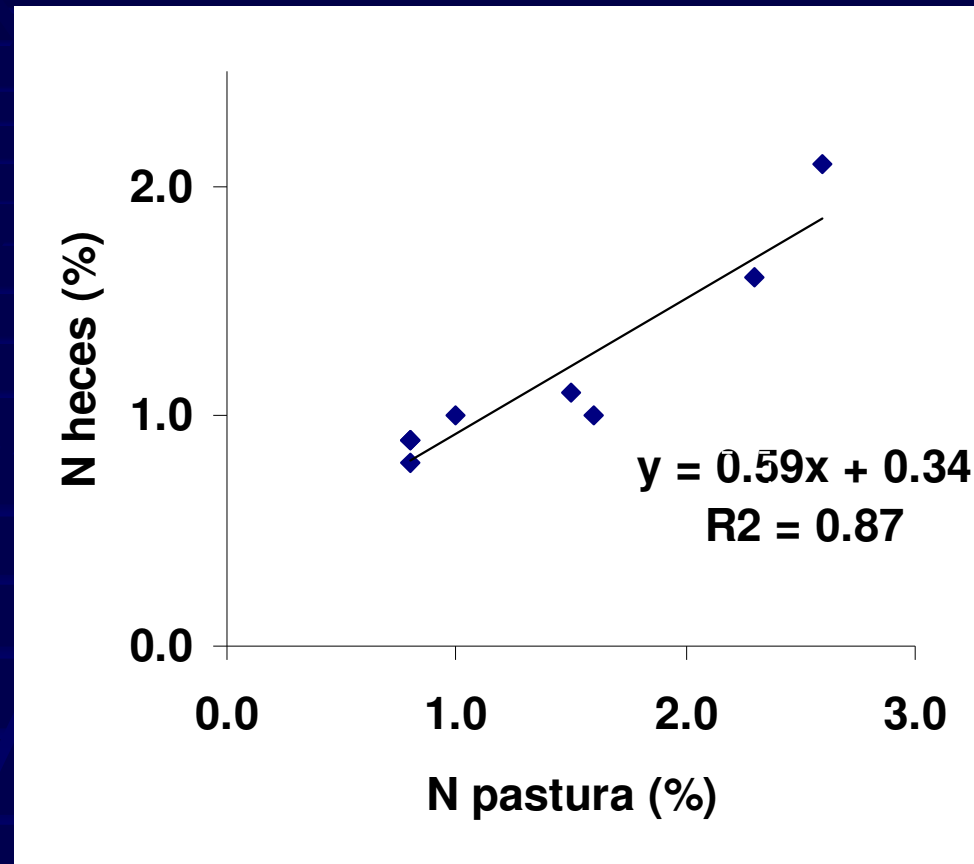
Cantidades de N presentes en pasturas sobre suelos de basalto medio a profundo pastoreadas por terneros. Tratamientos: Campo natural, siembra en cobertura de *Lotus corniculatus* y trébol blanco que recibían anualmente 30 ó 60 kg de P_2O_5 /ha (CN, P30 y P60).

del Pino et. al, 2000

NITRÓGENO EN SISTEMAS BAJO PASTOREO: CICLAJE Y PÉRDIDAS

- **La ineficiencia del reciclaje de N se debe a la desigual distribución de heces y orina, así como a las pérdidas**
- **Si el reciclaje fuera 100 % eficiente (habría que reponer solamente lo exportado en producto) una pastura con 20% de leguminosas podría obtener todo el N necesario por FBN. Esto no es así en la práctica.**
- **La mayor parte del ciclaje del N (2/3) se produce a través de la orina, y la proporción de N reciclado en orina aumenta con la conc. de N de la dieta.**
- **El N de la orina está mayoritariamente ($\approx 70\%$) en forma de urea, además de aminoácidos fácilmente degradables.**
- **La mayoría del N de las heces forma parte de estructuras orgánicas, no inmediatamente disponible.**
- **Altas conc. de N en manchas de heces y orina inhiben la FBN.**
- **Los animales rechazan la pastura en el área de influencia de las manchas. Este efecto disminuye con el tiempo.**

RECICLAJE DE N A TRAVÉS DE LAS HECES DE LOS ANIMALES EN PASTOREO

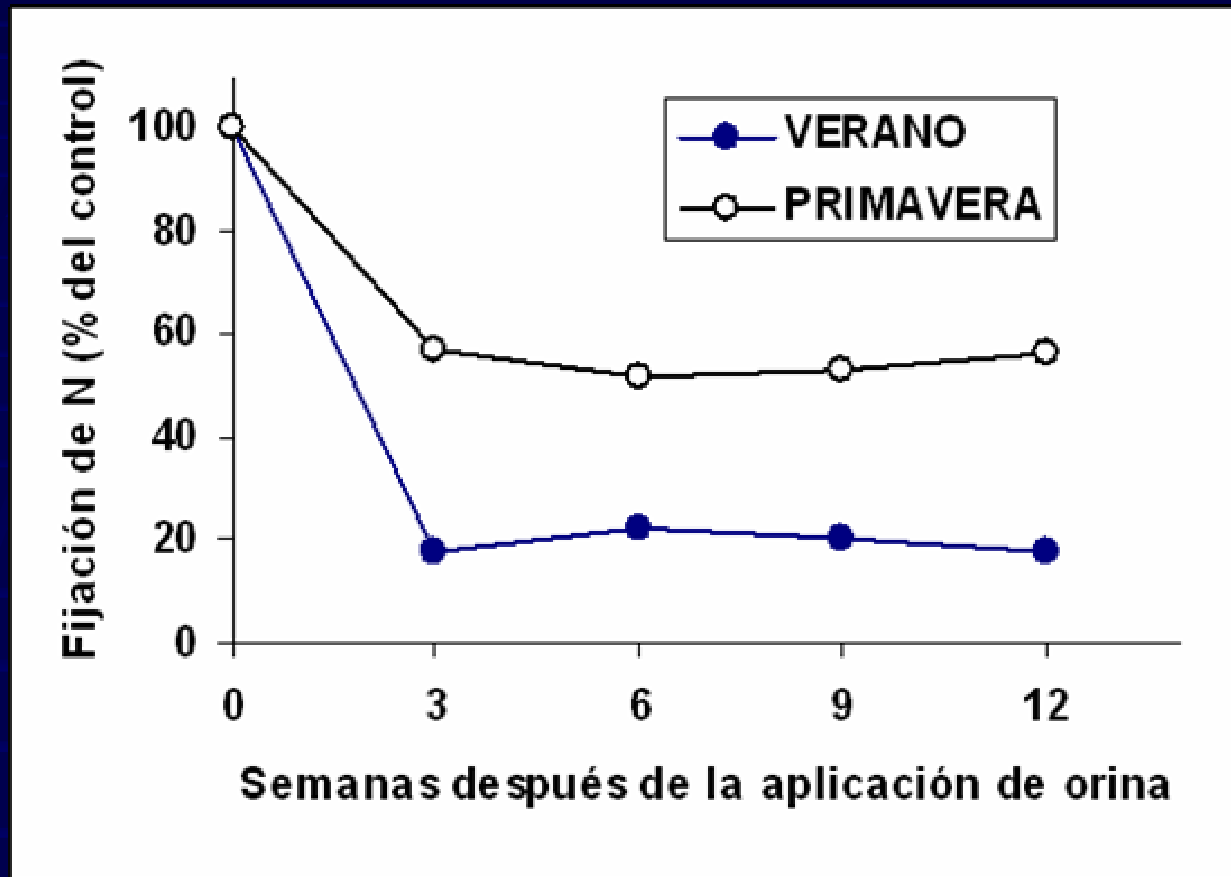


El contenido de N de las heces está directamente relacionado al de la pastura que consumen los animales. A diferencia del P, el cont. de N de las heces es igual o menor que el de las pasturas. Esto se debe a que la mayoría del N se recicla por la orina

Relación entre el contenido de N total de la pastura y heces colectadas en las mismas parcelas. (Coberturas sobre suelos de Basalto).

del Pino y Hernández, 2002

La orina, por su alta concentración de N, tiene un efecto inhibitor sobre la fijación biológica de N. Este efecto se revierte con el tiempo



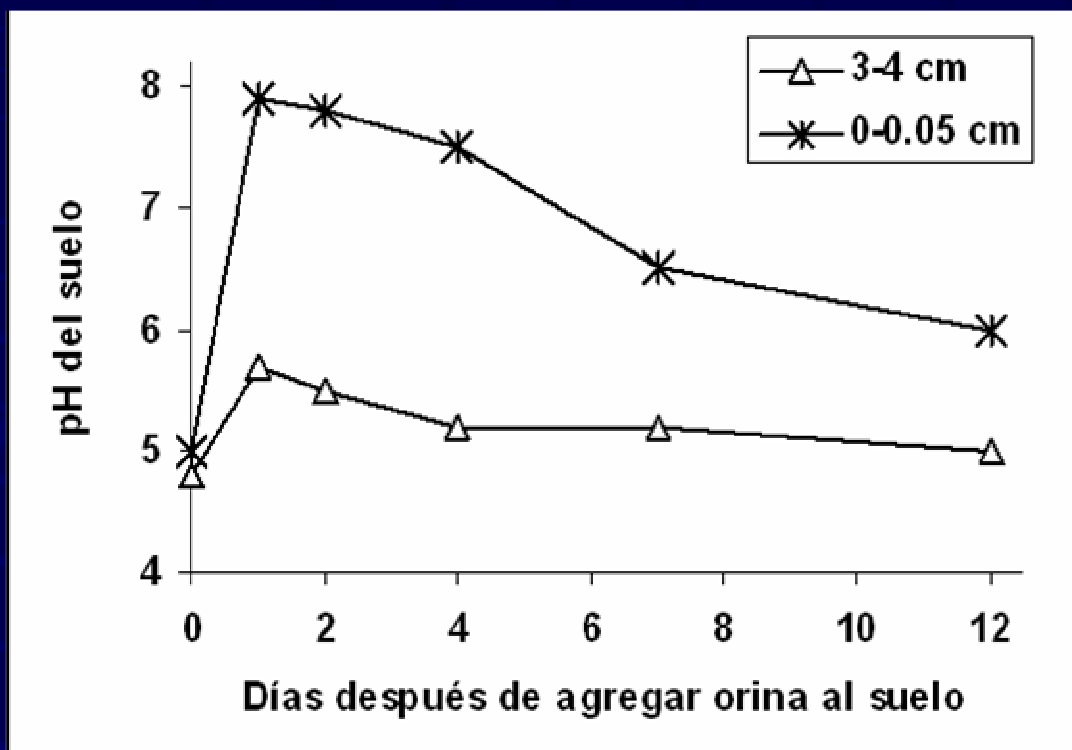
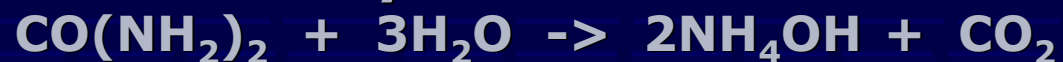
**Efecto de la aplicación de orina sobre la fijación simb. de N en praderas con leguminosas de Nueva Zelanda
Adapt. Ledgard et. al. 1982**

NITRÓGENO EN SISTEMAS BAJO PASTOREO: PÉRDIDAS

- **La principal causa de pérdida de N es la alta concentración en las manchas de orina, ya que excede la capacidad de las plantas para absorberlo.**
- **Existen pérdidas de N del sistema por:**
 - transferencia hacia áreas improductivas**
 - volatilización (amonio)**
 - lixiviación (orina y nitrato)**
 - desnitrificación (nitrato)**
 - erosión.**

VOLATILIZACIÓN DE NH_4^+

Hidrólisis de urea y volatilización de amoníaco:



- Las pérdidas de N por volatilización son favorecidas por el aumento de pH provocado por la hidrólisis de la urea en las manchas de orina.
- También son mayores cuando existe alta ETP.

Efecto de la aplicación de orina sobre el pH del suelo medido a dos profundidades- Adapt. Valis et. al., 1982

LIXIVIACIÓN DE NO_3^-

- Se midieron las pérdidas de N-NO_3 por lixiviación mediante la técnica de copa porosa (prof. 60 cm) en pasturas mezcla sin fertilización nitrogenada de Nueva Zelanda
- Los resultados representan el acumulado de 8 meses bajo pastoreo de las diferentes especies
- Se trataba de un suelo de alta porosidad y bien drenado
- Durante el período hubo 950 mm de lluvia, de los cuales 700 percolaron a través del perfil

Tratamiento	N utilizado	N- NO_3 lixiviado	N- NO_3 lixiviado/N utilizado
	(kg/ha)		(%)
Vacunos	159	35.0 a	21.6
Ovinos	160	17.8 b	11.1
Ciervos	167	15.8 b	9.5

Adaptado de Betteridge et. al (2005)

DESNITRIFICACIÓN Y PÉRDIDAS GASEOSAS DE N DURANTE LA NITRIFICACIÓN

- **Son procesos biológicos que llevan a pérdidas gaseosas de N como N_2O ; NO y N_2 .**
- **Se producen por reducción de NO_2^- y NO_3^- y durante la nitrificación.**
- **Las condiciones para la desnitrificación son: falta de oxígeno en el suelo y fuentes de C para los microorganismos.**
- **En el invierno es más probable que haya anegamiento y por lo tanto desnitrificación**
- **Hay mayores riesgos en suelos pesados, compactados, con horizonte B textural y mal drenados**

Destino del N de la orina (dosis 60gN/m²) aplicada a pasturas en clima húmedo y frío o seco y cálido

- **Rápida hidrólisis de urea**
- **En la primera semana predomina amonio**
- **Nitrato predomina de 3 a 7 semanas de aplicada la orina**
- **La fijación de N por las leguminosas se redujo**
- **En los tres estudios realizados se registraron pérdidas de N entre 45 y 80 % del N agregado como orina, gran parte por una combinación de lixiviación de nitrato y desnitrificación**
- **Volatilización de amonio: Se perdieron mayores cantidades por este mecanismo en clima seco y cálido**

Dias post aplic. de orina	Urea	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	Tot
	(% del N aplicado)			
Clima húmedo y frío				
1	5	64	1	70
6	6	73	2	81
13	Tr	44	6	50
31	0	24	27	51
59	0	3	33	36
138	0	0	2	2
Clima seco y cálido				
3	3	68	1	72
10	1	55	13	69
17	0	42	24	66
39	0	15	56	71
59	0	3	39	42
97	0	1	12	13

Adapt. Ball and Keeney, 1983

Balance de N de dos pasturas manejadas con diferente intensidad. Adapt. Whitehead, 2000

	Pastura mixta gramíneas-leguminosas	Pastura extensiva gramíneas
ENTRADAS	kg/ha/año	
Fijación de N	120	8
Deposición atmosférica de N	30	17
Fertilización con N	0	0
N RECICLADO		
Absorción de N desde el suelo	240	60
N en forraje consumido	160	30
N en forraje muerto en el suelo	80	30
N en Raíces muertas en el suelo	50	30
N en Heces y orina al suelo	120	25
SALIDAS		
N en ganancia de peso de animales	25	4
N perdido por lavado y erosión	50	5
N perdido por volatilización	15	3
N perdido por desnitrificación	20	2
GANANCIA DE N DEL SUELO	50	12

Cambios en la magnitud del ciclaje de nutrientes asociados con la intensidad de producción

Ejemplo: Comparación de las cantidades de nutrientes cicladas en un campo natural y una pastura mezcla de gramíneas y leguminosas. Producción de forraje y contenido de N y P basados en datos reales de experimentos bajo pastoreo sobre suelos de Basalto.

Supuestos: 60% de lo producido es consumido, 5 % transferido, 12% retenido. Del N reciclado 70 % va a orina y 30 % a heces. El P se recicla solamente a través de las heces.

CAMPO NATURAL SOBRE UN VERTISOL DE BASALTO

Producción 3810 kg MS/ha/año:

Concentración de N : 0.9 – 1.2 % Concentración de P : 0.10-0.11 %

NITRÓGENO

N contenido de la pastura 37.4 kg/ha

N consumo animal 22.4 kg/ha

N transferencia 1.1 kg/ha

N retenido por animales 4.5 kg/ha

N reciclado en la pastura

N en orina 11.8 kg/ha

N en heces 5.0 kg/ha

Total N 16.8 kg/ha

FÓSFORO

P contenido de la pastura 4.04 kg/ha

P consumo animal 2.42 kg/ha

P transferencia 0.12 kg/ha

P retenido por animales 0.48 kg/ha

P reciclado en la pastura

P en heces 1.82 kg/ha

COBERTURA DE LOTUS CORNICULATUS DE SEGUNDO AÑO

Producción 6256 kg MS/ha/año: Leguminosas 3814 kg MS/ha

Gramíneas 2442 kg MS/ha

Concentración de N : Legum 2.0 - 2.4 % Gram 1.5 - 1.9 %

Concentración de P : Legum 0.18-0.20 % Gram 0.16-0.20 %

NITRÓGENO

N contenido de la pastura 120.0 kg/ha

N consumo animal 72.0 kg/ha

N transferencia 3.6 kg/ha

N retenido por animales 14.4 kg/ha

N reciclado en la pastura

N en orina 37.8 kg/ha

N en heces 16.2 kg/ha

Total N 54.0 kg/ha

FÓSFORO

P contenido de la pastura 11.30 kg/ha

P consumo animal 6.80 kg/ha

P transferencia 0.34 kg/ha

P retenido por animales 1.36 kg/ha

P reciclado en la pastura

P en heces 5.10 kg/ha

Cambios en la magnitud del ciclaje de nutrientes asociados con la intensidad de producción (continuación)

- **Mientras en el campo natural se reciclarían anualmente 16.8 kg/ha de N y 1.82 kg/ha de P, en el mejoramiento en cobertura las cantidades involucradas son 54.0 kg/ha de N y 5.1/ha de P.**

Paradojalmente el sistema menos sustentable, desde el punto de vista de la riqueza en nutrientes, es el campo natural ya que las cantidades retenidas y transferidas, si bien pequeñas, se extraen del pool del suelo. En cambio en el mejoramiento con leguminosas en cobertura ingresa N por fijación biológica y P por fertilización.

¿Qué pasa con los demás nutrientes de las pasturas?

- En la medida que nos movemos hacia sistemas más intensivos tenemos que considerar el ciclaje de otros nutrientes
- La concentración en las pasturas de elementos como el Ca y Mg dependen en gran medida del tipo de suelo. Suelos arenosos tenderán a proporcionar menores cantidades de estos nutrientes que suelos pesados.
- La disponibilidad de S está relacionada al contenido de MO del suelo y en la planta a la dinámica del N ya que ambos forman las proteínas.
- Algunos micronutrientes tienen gran importancia para la producción animal (P. Ej. Cu, Fe, Zn, Se, Co)
- En el caso de los micronutrientes también deben vigilarse los posibles excesos que resultan un riesgo para plantas y animales.

¿CÓMO MEJORAR LA EFICIENCIA DEL RECICLAJE DE NUTRIENTES BAJO PASTOREO?

Manejo del pastoreo

- **Pastoreo con altas cargas mejora la distribución de heces y orina. El pisoteo de los animales acelera la descomposición de heces**
- **Pastoreo rotativo mejora la distribución de heces y orina.**
- **Evitar sobrepastoreo disminuye la erosión y pérdidas gaseosas de N.**

Transferencia

- **Para disminuir la transferencia hacia áreas improductivas debe minimizarse el tiempo de los animales en estas áreas (caminos, tubos, etc.)**
- **Cambiar de lugar periódicamente comederos y bebederos**