



## Reciclaje de nutrientes

Rolando Demanet Filippi  
Dr. Ingeniero Agrónomo  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Medioambiente  
Universidad de Frontera

Manejo de Pastoreo  
2024

Los ecosistemas regulan los flujos y concentraciones de nutrientes a través de una serie de procesos complejos y los ciclos de nutrientes han sido sustancialmente alterados por las actividades humanas, principalmente la agricultura, en los últimos dos siglos con grandes consecuencias positivas y negativas para una serie de servicios de ecosistemas y para el bienestar humano

---

- ✓ La capacidad de los ecosistemas terrestres para absorber y retener los nutrientes suministrados como fertilizantes se ha visto socavado por la simplificación extrema de muchos ecosistemas que ha evolucionado a sistemas agrícolas de gran escala y baja diversidad
  - ✓ Con la reducción de la capacidad de almacenamiento de los ecosistemas, como los bosques, humedales y estuarios, los nutrientes en exceso se filtran en el agua subterránea y desembocan en los ríos y lagos y finalmente son transportados a los ecosistemas costeros
-

- ✓ El flujo anual de nutrientes estuvo estabilizado y regulado por procesos naturales antes de la colonización antrópica del planeta
    - ✓ La actividad humana contribuyó a duplicar la tasa de generación de nutrientes como el nitrógeno que se acumula en la superficie terrestre
  - ✓ El fósforo también se acumula como resultado del uso de fertilizantes de fósforo en la agricultura
    - ✓ La mayor parte de esta acumulación ocurre en suelos
-

- ✓ La concentración de nutrientes en las tierras agrícolas ha permitido un aumento en la producción de alimentos, especialmente en los países industriales
    - ✓ Esto ha provocado mayores emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación en los ecosistemas de agua dulce y costeros
  - ✓ En contraste al exceso de uso de nutrientes en el mundo desarrollado quedan vastas áreas de la tierra, en particular en África y América Latina, donde la recolección de alimentos sin adición de nutrientes externos ha llevado a la degradación de la tierra y al agotamiento de la fertilidad del suelo, con graves consecuencias para la alimentación y nutrición humana
-

- ✓ Esta claro que la humanidad se enfrenta a un desafío de producir mas alimentos en una menor superficie dado que diversos estudios científicos postulan que la intensidad de la agricultura es la única opción para responder a la demanda alimentaria futura y con ello limitar la conversión de tierras de la vegetación natural a la agricultura
-

- ✓ La concentración de nutrientes en ríos, lagos y riberas costeras de los países desarrollados no cambiará mucho en el corto plazo ya que el aumento de la producción de alimentos supone incremento en el uso de fertilizantes, productos orgánicos como guanos y purines además de la FBN generada a partir del cultivo de leguminosas
  - ✓ En consecuencia, producir alimentos para la población mundial, pero con un impacto limitado en los ecosistemas mundiales, será un gran desafío global sin una solución única
-

**Reciclaje de nutrientes**

---



Las vacas a través de las fecas y orina hacen un reciclaje importante de los nutrientes que consumen diariamente

---



La materia orgánica consumida, en parte queda en el animal y otra es devuelta como deyecciones

---

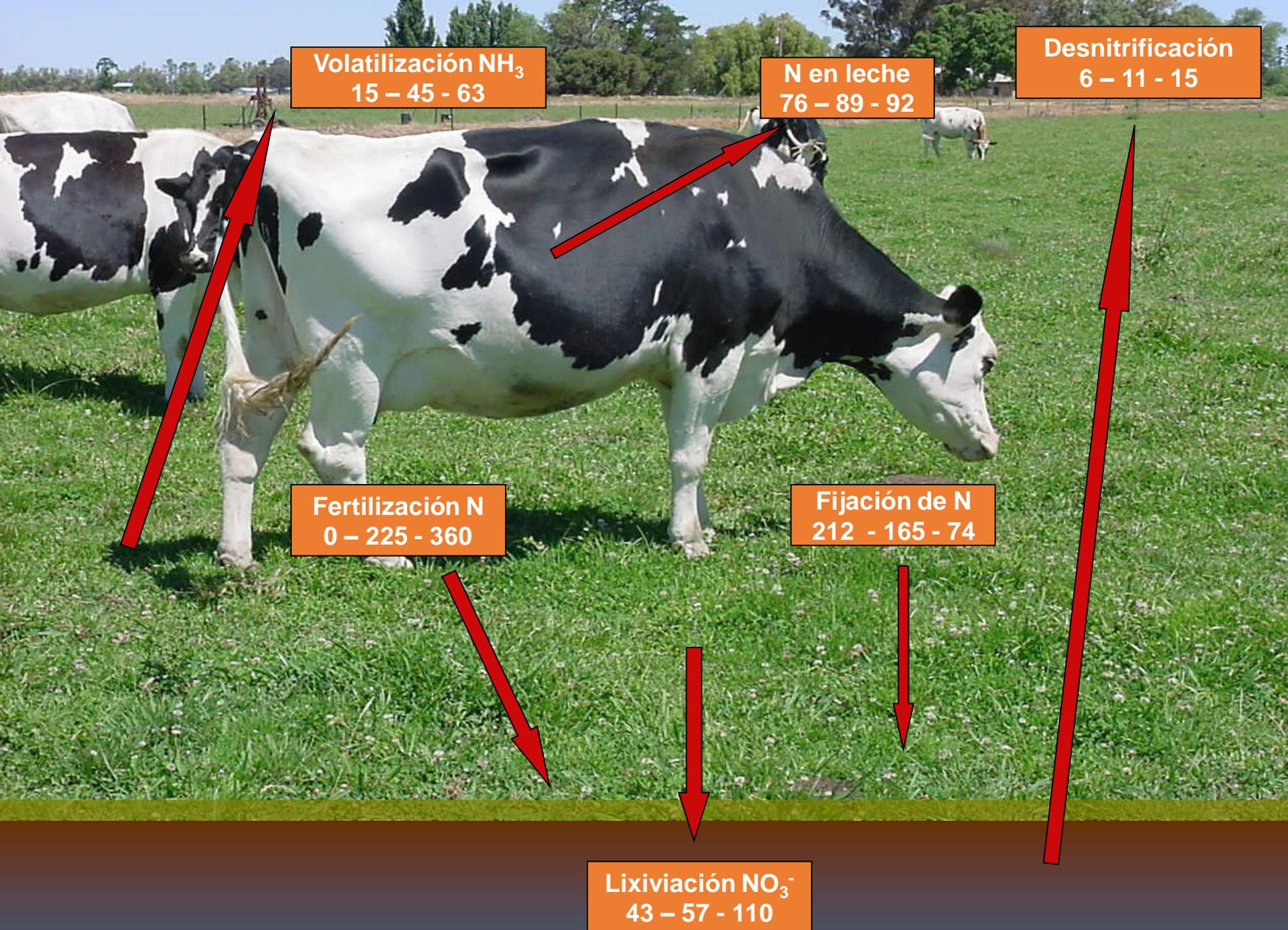


Las deyecciones deben ser tratadas en el ecosistema por diversos organismos y microorganismos, para ser incorporado al ciclo recirculatorio: aves, hongos, bacterias, vertebrados, mamíferos, lluvias, escorrentías, entre otros

---

## Reciclaje de Nitrógeno en animales en pastoreo Pastura Ballica perenne + Trébol blanco

Tipo Animal	Fertilización	% N Follaje	Bosta	Orina	Orina
	kg N/ha/año	bms	kg N/ha	kg N/ha	% N Excretado
Vacas	250	3,3	86	<b>214</b>	71
	540	4,1	104	<b>354</b>	77
Novillos	0	2,8	58	<b>74</b>	56
	210	3,1	62	<b>93</b>	60
	420	3,7	84	<b>237</b>	74



Balance de nitrógeno

## Distribución de Macronutrientes en la secreción de leche, Fecas y Orina de vacas lecheras que consumen una pastura de tipo templada

Nutriente	Concentración	Consumo	Secreción*	Fecas	Orina
	%	g/día	g/día	g/día	g/día
P	0,41	66	24	48	0,2
S	0,42	67	7	18	42
K	3,02	483	41	53	389
Na	0,37	59	10	9	40
Ca	0,61	98	30	68	0,5
Mg	0,23	37	3	31	3

\* Base producción de 25 litros de leche/día

Fuente: Whitehead, 2000



Contenido de  
nutrientes en fecas y  
orina

## Contenido promedio de nutrientes en fecas y orina en vacas en lactancia

Parámetro	Contenido en orina (g/litro)	Contenido en fecas (% peso fresco)	% excretado en fecas
Sólidos totales	6,10	15,40	85
N total	11,50	2,90	48
P total	0,20	1,20	95
Cl	2,50	0,61	47
K	7,95	0,84	28
Ca	0,17	1,28	97
Mg	0,56	0,63	78
Na	1,18	0,22	41
Cu	0,0010	0,0050	95
Zn	0,0020	0,0200	98
Fe	0,0060	0,1600	99
Mn	0,0002	0,0200	99

Fuente: adaptado de Safley *et al.*, 1984

## Número y peso del volume de defecaciones orinas por día y superficie de coerture de excretas producidas por vacas y ovejas

Tipo de animal	N° defecaciones/día	Peso/defecación (kg)	Área de cobertura/defecación (m <sup>2</sup> )	N° orinas/día	Litros/orina	Área de cobertura/orina (m <sup>2</sup> )
Vacas carne	11,8	1,77	0,06	8,50		
Novillos	10,5		0,05			
Vacas lecheras	12,8	2,07	0,07	10,16	1,93	0,26
Ovejas	17,3	0,09	0,02	18,75	0,15	0,04

Fuente: adaptado de Rowarth *et al.*, 1985



**Efecto de la bosta en las propiedades del suelo**

---

## Efecto de la bosta en las propiedades del suelo

Tratamiento	Carbono orgánico (%)	N total (%)	pH	CiCE (cmol+/100 g)	Ca (cmol+/100 g)	Mg (cmol+/100 g)
Control	9,4	0,76	5,2	12,4	11	1,5
Dung	10,9	0,89	5,6	17,7	15	2,6

Fuente: adaptado de During *et al.*, 1973



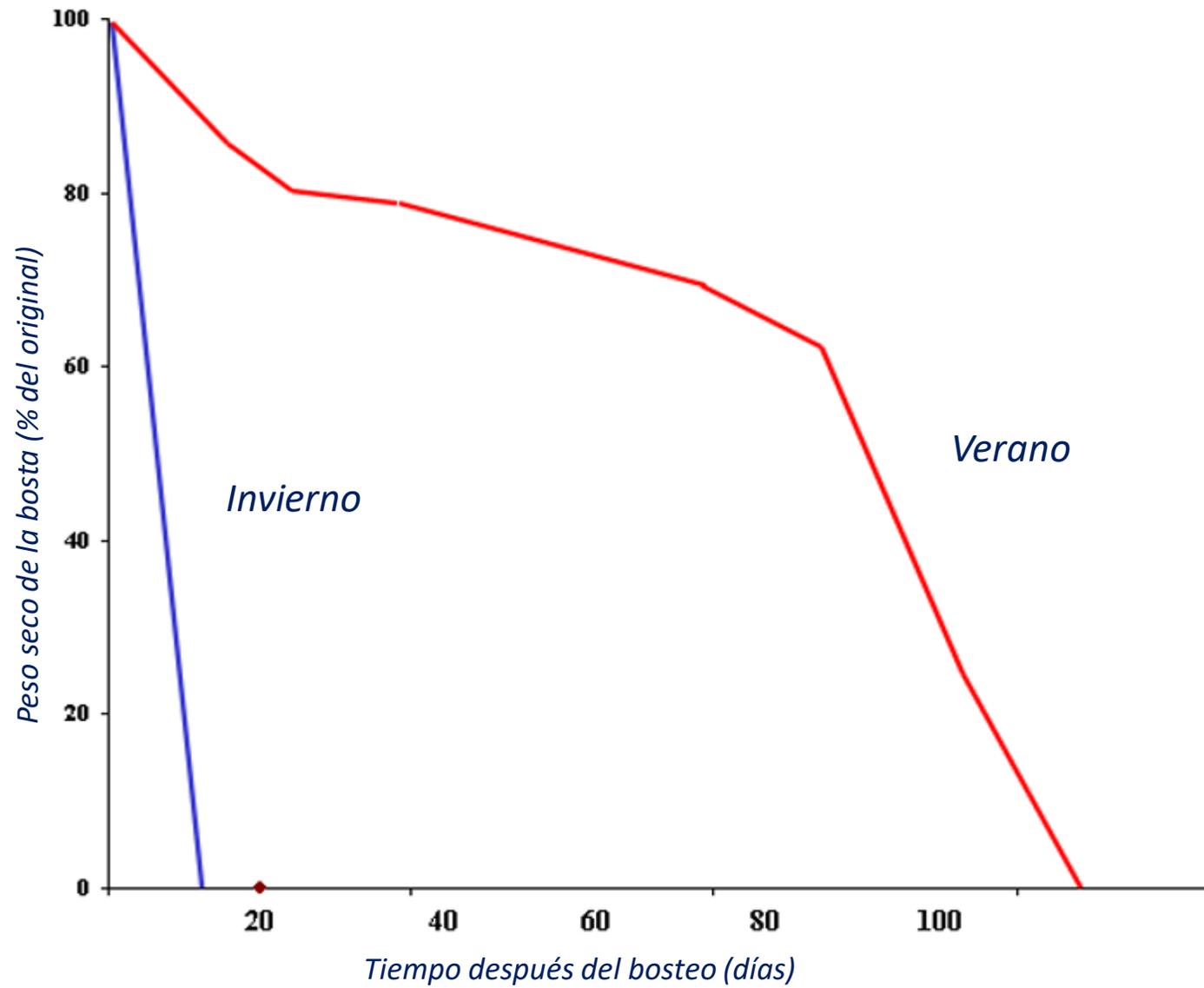
Tiempo de incorporación  
de la bosta al suelo

## Meses necesarios para disolver completamente una bosta

Estación del año	Consistencia de las bostas*				
	1	2	3	4	5
Verano	3,5	3,0	3,5	4,0	3,5
Otoño	1,5	3,0	4,0	4,0	4,5
Invierno	2,0	6,0	6,0	8,0	8,5
Primavera	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5

Fuente: adaptado de Weeda, 1967.

(\*) Escala de consistencia: 1, muy líquido; 5 muy firme



*Relación entre el tiempo de reducción del peso de la bosta de ovejas y la estación del año*

## Tasa de aplicación típicas de los principales nutrientes dejados en cada bosta de oveja y vaca

Parámetro	Concentración de las bostas (%)	kg/bosta de oveja/ha*	kg/bosta de vacas/ha**
MO	80	4.000	32.000
N	2.6	130	1040
P	0.7	35	280
S	0.25	13	100
K	1.0	50	400
Ca	2.0	100	800
Mg	0.66	33	264

(\*) Asume que el peso de una bosta es de 0,01 kg y su cobertura de 0,02 m<sup>2</sup>

(\*\*) Asume que el peso de labosta es de 0,20 kg con una cobertura de 0,05 m<sup>2</sup>

Fuente: Adaptado de Rowarth *et al.*, 1985



**Distribución espacial de las deyecciones**

---

- ✓ Las deyecciones no se distribuyen uniformemente en el terreno
  - ✓ Se encuentran en los abrevaderos, orillas de cercos, lugares más llanos, piedemontes y bajíos
  - ✓ El uso del pastoreo controlado permite mejora la distribución espacial de las fecas y orinas
-



**Uso de purines**

---

Los purines corresponden a una solución compuesta por:  
fecas, orina, agua, desechos de comida y elementos de  
aseo de patios de alimentación y salas de ordeño

---

Los purines corresponden a una solución compuesta por:  
fecas, orina, agua, desechos de comida y elementos de  
aseo de patios de alimentación y salas de ordeño

---

La composición del purín cambia según las raciones entregadas a los animales y forma de extracción de los galpones de alimentación y salas de ordeño

---

- ✓ La composición del purín cambia según las raciones entregadas a los animales y forma de extracción de los galpones de alimentación y salas de ordeño
  - ✓ El contenido de materia seca no solo cambia según el proceso de colecta sino también por el ingreso de aguas lluvias a los pozos de acumulación
-



Área de producción de purines

---



**Áreas de confinamiento**

---



**Conducción de purines a foso de acumulación**

---



**Extracción automatizada**

---



**Extracción automatizada**

---

Los purines luego de ser extraídos de las áreas de producción se acumulan en pozos de diversa capacidad que generalmente poseen paredes de tierra y en ocasiones de hormigón armado

---



**Pozos con paredes de tierra**

---



**Pozos con paredes de hormigón**

---

- ✓ El revestimiento de los pozos es fundamental para evitar las pérdidas del producto y la consiguiente contaminación de las aguas
  - ✓ Entre las opciones de recubrimiento se encuentran el PVC (Policloruro de vinilo) y el PEAD (Polietileno de Alta Densidad)
-



**Pozos recubiertos con PEAD (Polietileno de Alta Densidad)**

---

**Extracción del purín desde el pozo de  
almacenamiento (pozo purinero)**

---



Previo a la extracción la solución deben ser homogenizada con una hélice que remueve el material liviano que se localiza en la parte superior del pozo (costra)

---



Finalizado el proceso de homogenización se procede a la extracción del material desde el pozo purinero

---



**Aplicación de purines**

---

## Las formas de aplicación son diversas:

- ✓ Inundación directo desde el pozo
    - ✓ Aspersión con red de purines
    - ✓ Aspersión con carro purinero
  - ✓ Aspersión con fracciones separadas
    - ✓ Inyección en el suelo
    - ✓ Incorporación pre siembra
-



**Aspersión de purines**

---

## Variación estacional del contenido de nutrientes del purín en un predio lechero

Nutriente	Verano	Invierno	Primavera	Verano
<b>% Materia seca</b>	<b>2.0</b>	<b>1.0</b>	<b>3.0</b>	<b>5.0</b>
<b>% Nitrógeno</b>	<b>6.5</b>	<b>8.6</b>	<b>6.1</b>	<b>3.8</b>
% Fósforo	1.5	1.9	1.2	0.9
% Potasio	3.1	1.5	4.1	2.6
% Calcio	2.4	2.3	2.4	1.4
% Magnesio	0.8	0.7	0.7	0.6
Aluminio (ppm)	2.060	2.256	2.099	2.024



La aplicación convencional por aspersión con salida del purín a presión y choque sobre una platina genera un abanico con una gran superficie de contacto con el aire que favorece la **volatilización del amoníaco**



Las formas de aplicación por aspersión e inundación son las que generan los mayores problemas de emisiones de amoníaco a la atmósfera que hoy son penalizadas por la sociedad en su conjunto



La permanencia sobre la totalidad de la superficie del suelo genera pérdidas volatilización que pueden alcanzar hasta el 80% del nitrógeno contenido en el purín en forma amoniacal, en las primeras horas tras la aplicación

- ✓ Parte importante del nitrógeno que posee el purín se transforma en amonio cuya hidrólisis genera amoníaco el cual es volátil
  - ✓ El amonio formado se hidroliza en la superficie del suelo liberando amoníaco a la atmósfera, proceso que se conoce como volatilización del amoníaco
    - ✓ La acidificación y eutrofización son procesos que generan desequilibrios en los ecosistemas de praderas situación que permite el desarrollo de plantas no deseadas que son invasivas
-



Las pasturas que son asperjadas con purines habitualmente presenta una dominancia de plantas achampadas de crecimiento erecto



El rechazo al consumo por parte de los animales genera residuos altos donde se acumula purín sin descomponer que impide el desarrollo de nuevos tallos



El achampamiento de las plantas permite el desarrollo de especies invasoras eficientes en el uso de nutrientes como nitrógeno y potasio



Presencia de romaza  
(*Rumex crispus* L.) en  
pasturas con  
aplicaciones anuales  
excesivas de purín



Control químico de  
romaza (*Rumex crispus* L.)  
en pasturas permanentes



Control químico de  
romaza (*Rumex crispus* L.)  
en pasturas permanentes



Control químico de  
romaza (*Rumex crispus* L.)  
en pasturas permanentes



El control químico de romaza (*Rumex crispus* L.) adicionalmente permite el control de otras especies como Quilloi Quilloi (*Stellaria media* (L.) Cirillio)



Las emisiones altas de amoníaco pueden dañar directamente el follaje de los árboles y arbustos o bien retardar su crecimiento



Además de los problemas ambientales hay que considerar que la volatilización supone una pérdida importante del valor fertilizante de los purines

Probablemente el factor determinante en el rechazo social que provocan los purines sea el **mal olor** que desprenden tras su aplicación al suelo

---

- ✓ El mal olor provoca un efecto psicológico negativo de repugnancia que intuitivamente tiende a relacionarse con una sensación de riesgo para la salud
  - ✓ El rechazo es mayor en las personas que no tienen una relación directa con la economía local o desconocen la problemática asociada a la ganadería
  - ✓ El olor desagradable que emiten los purines se debe a una mezcla compleja de compuestos volátiles, que son el resultado de la degradación de la materia orgánica
-

- ✓ Existen más de 160 compuestos que generan malos olores, entre éstos destacan los ácidos grasos volátiles y compuestos fenólicos e indólicos
  - ✓ La forma de disminuir esta emisión de olores es reducir la superficie de contacto del purín con el aire por ello las medidas que tiendan a reducir la volatilización de amoníaco a la atmósfera también serán efectivas para reducir la emisión de malos olores
-

- ✓ El sistema de aspersión es el que genera las mayores pérdidas de amoníaco a la atmósfera, pero es el sistema que requiere menor inversión y de menor costo operacional
  - ✓ La incorporación inmediata y el uso de técnicas de inyección reducen notablemente la emisión de amoníaco y malos olores limitándose además el rechazo social a su uso como fertilizante agrícola
-



**Separador de purines**

El separador de purines tiene por objetivo generar la separación sólida y líquida del purín que permite originar dos productos destinados a la fertilización:

La fase **líquida** rica en nutrientes y carente de fibra y una fase **sólida** con alto contenido de fibra especial para el desarrollo de compost

---

- ✓ El líquido formado de esta separación es un producto rico en nutrientes que puede ser asperjado sobre el suelo y plantas que se incorpora con rapidez sin dejar fibras que perturben el proceso de fotosíntesis o que generen procesos de volatilización
  - ✓ La fibra separada puede ser compostada y utilizada como producto orgánico mejorador de la estructura del suelo y de la actividad biológica
-



**Separador de tornillo prensa**



Separación del purín



**Separación del purín**

---



Separación del purín



Fase sólida del purín



Aplicación de la fase sólida



**Los purines y las enmiendas calcáreas**

---

Las aplicaciones de purines sobre suelos con enmiendas calcáreas o en el interior del pozo purinero generan importantes pérdidas de nitrógeno por efecto de la volatilización que genera esta reacción

---

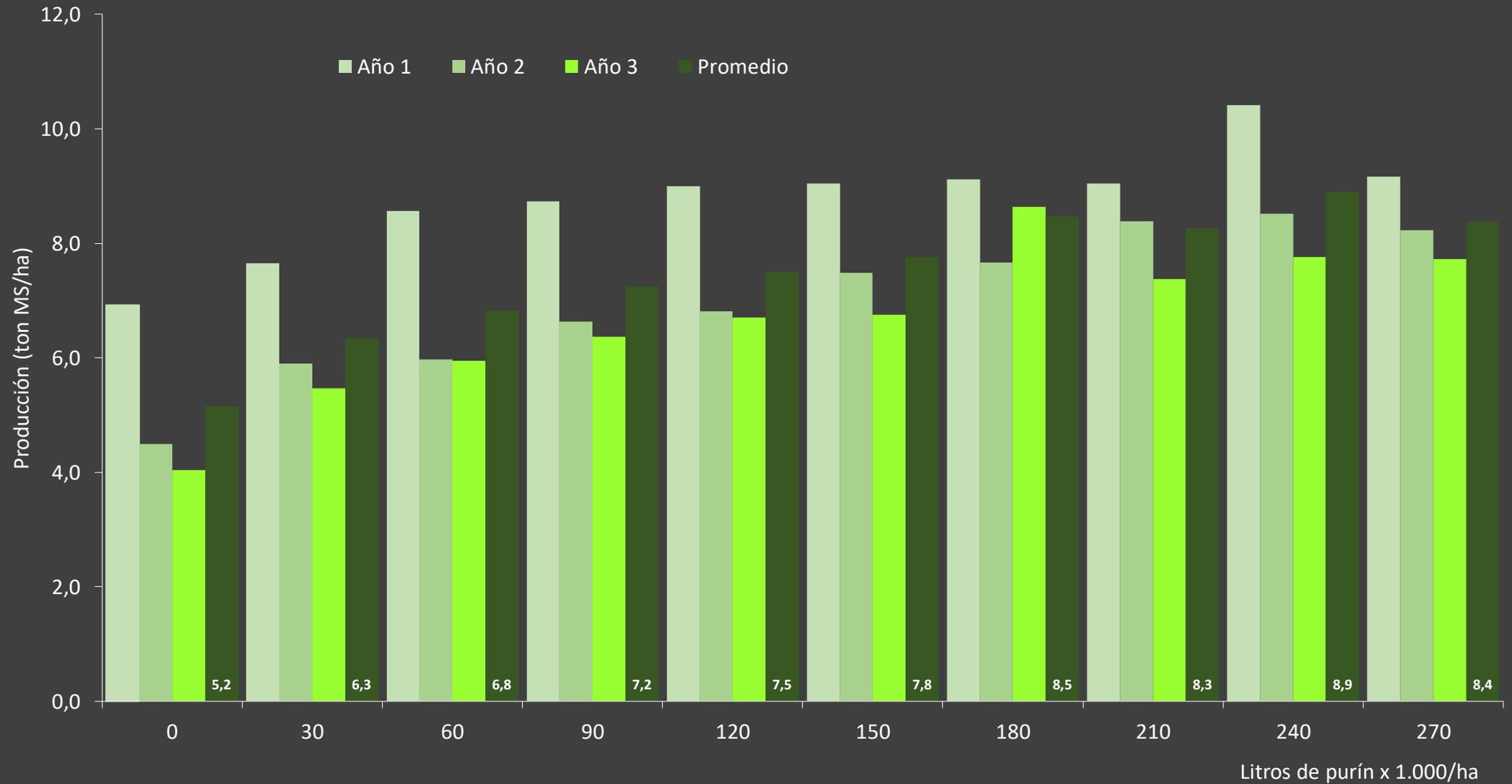
**Efecto de la aplicación de purín en praderas permanentes**

---

Porcentaje de materia seca y contenido de nutrientes de purines producidos por una lechería en la precordillera de La Araucanía

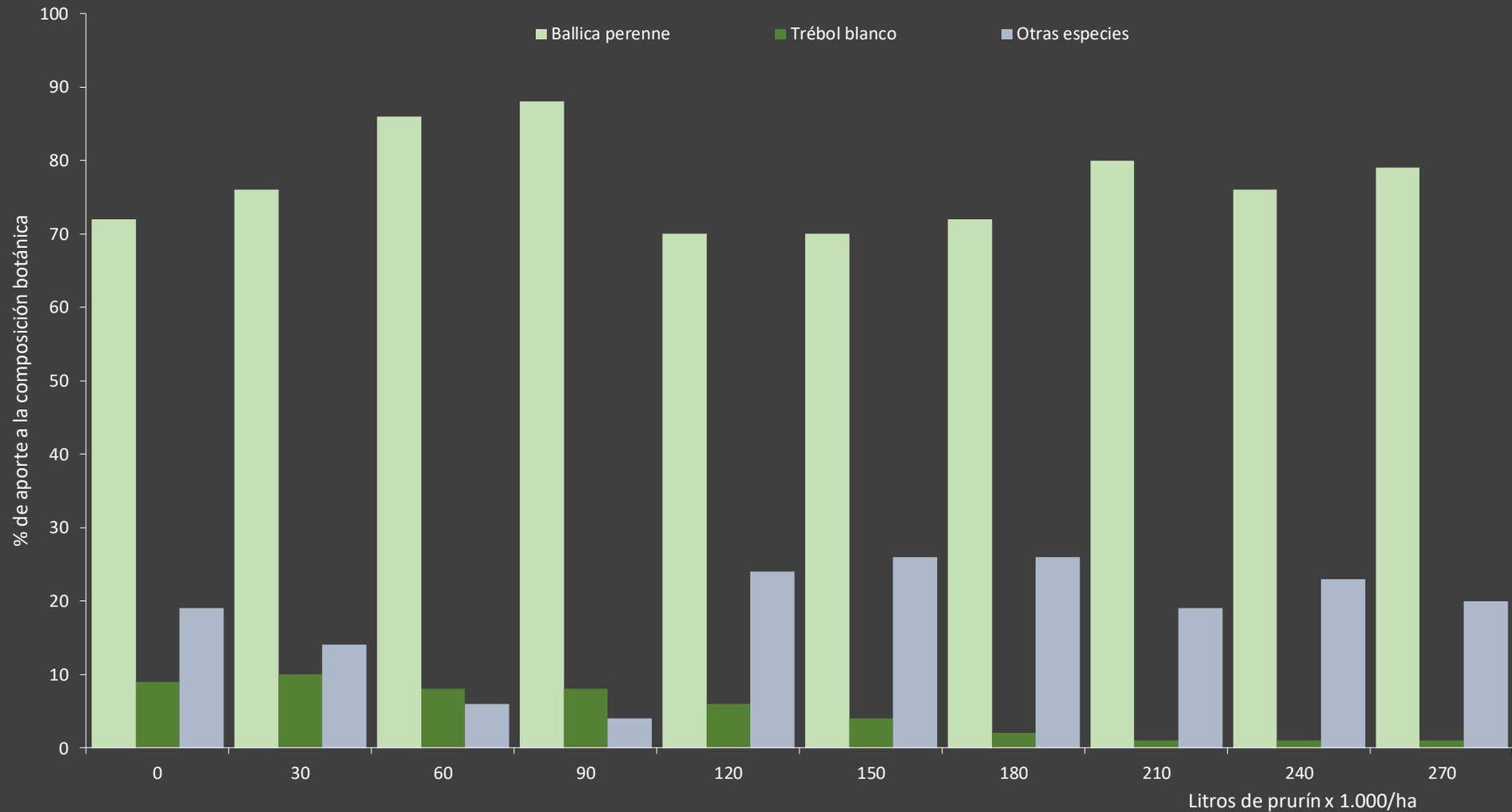
Contenido	Unidad	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Promedio
MS	%	2,0	1,0	3,0	5,0	2,8
N	%	6,5	8,6	6,1	3,8	6,3
P	%	1,5	1,9	1,2	0,9	5,7
K	%	3,1	1,5	4,1	2,6	2,8
Ca	%	2,4	2,3	2,4	1,4	2,1
Mg	%	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7
Al	cmol+/kg	2.060	2.256	2.099	2.024	2.110

Fuente: Demanet, Aguilera & Mora, 1999



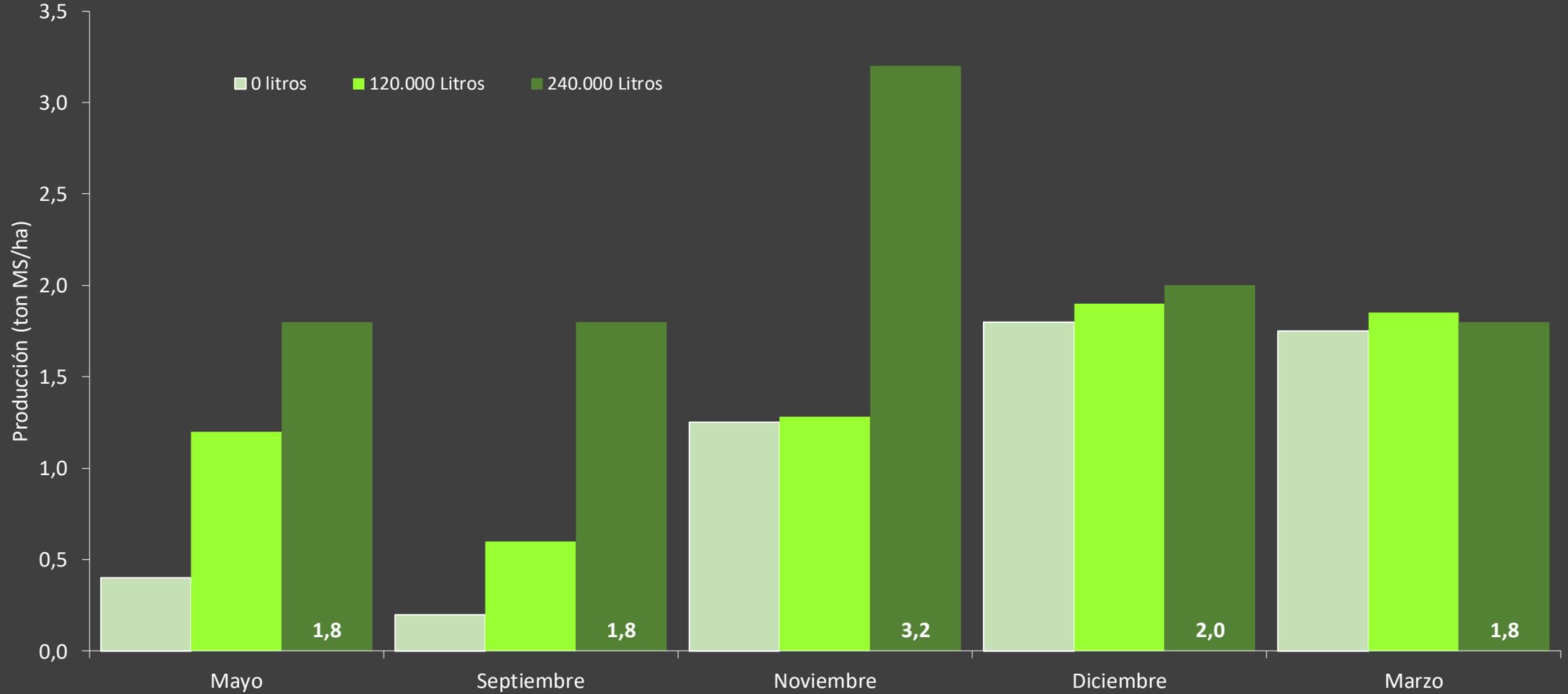
Efecto de la aplicación de purines en una pastura permanente en la precordillera de  
**La Araucanía**

Fuente: Demanet & Mora, 1999.



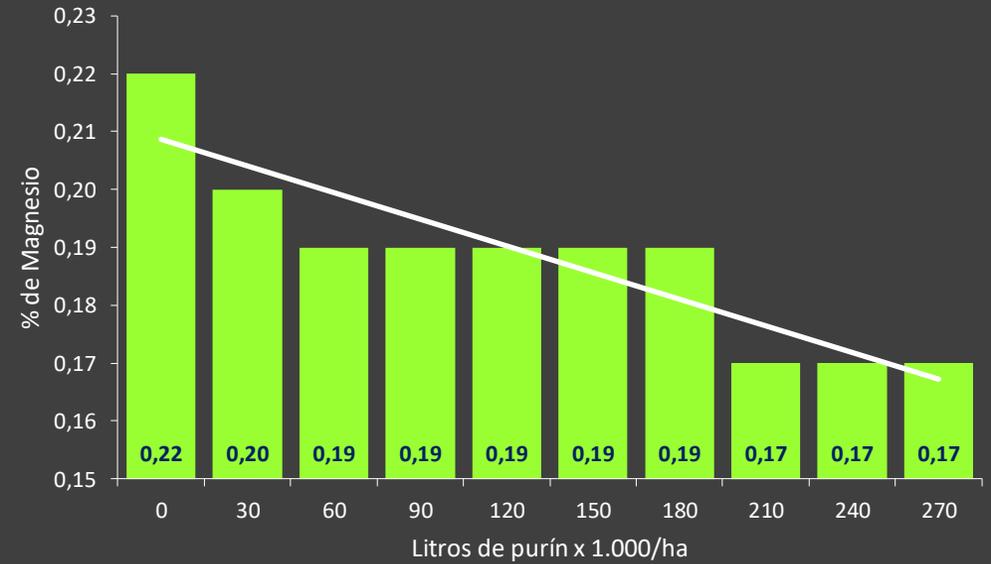
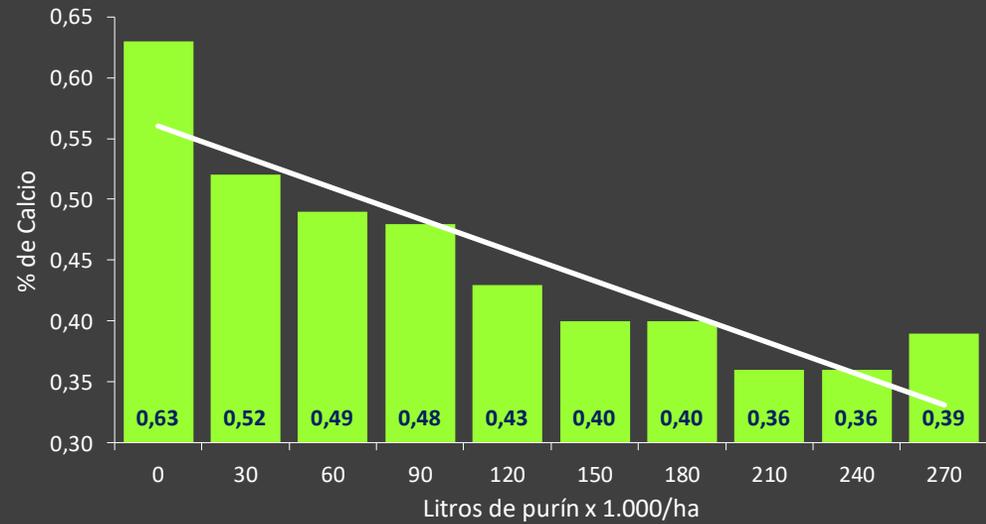
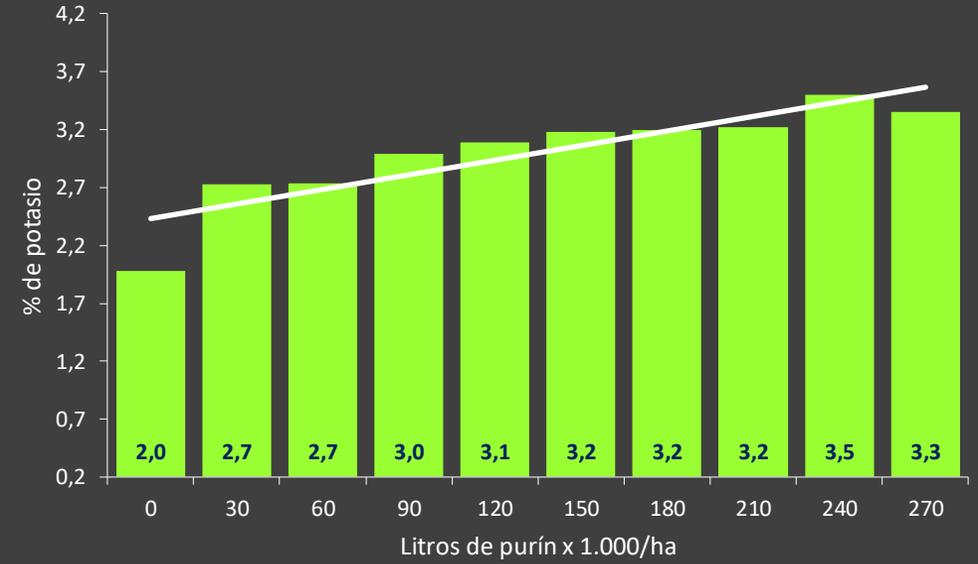
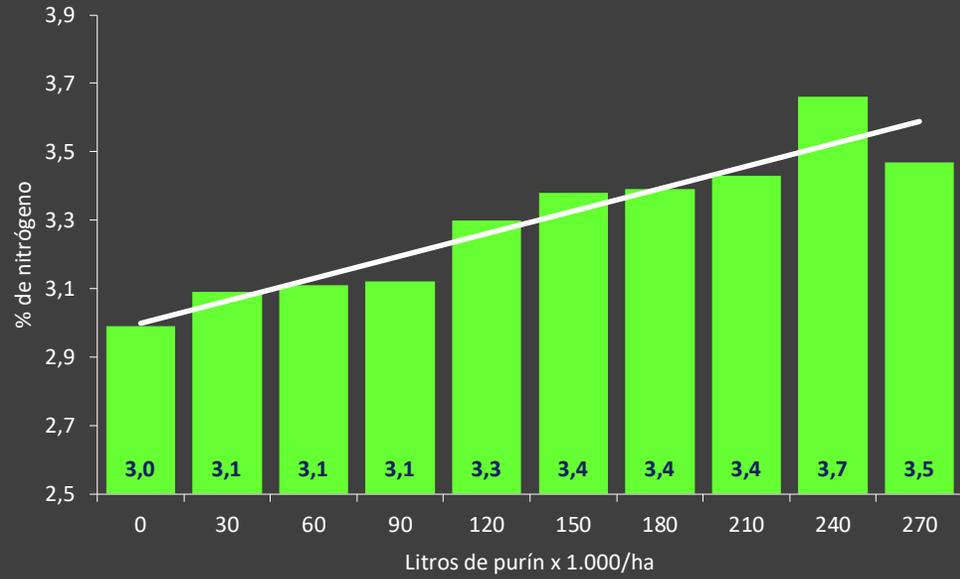
Efecto de la aplicación de purines en la composición botánica de una pastura permanente en la precordillera de La Araucanía. Tercera temporada

Fuente: Demanet & Mora, 1999.



Efecto de la aplicación de purines en la producción mensual de una pastura permanente en la precordillera de La Araucanía.

Fuente: Demanet & Mora, 1999.



Efecto de la aplicación de purines en el contenido de nutrientes de una pastura permanente en la precordillera de La Araucanía

Fuente: Demanet & Mora, 1999.

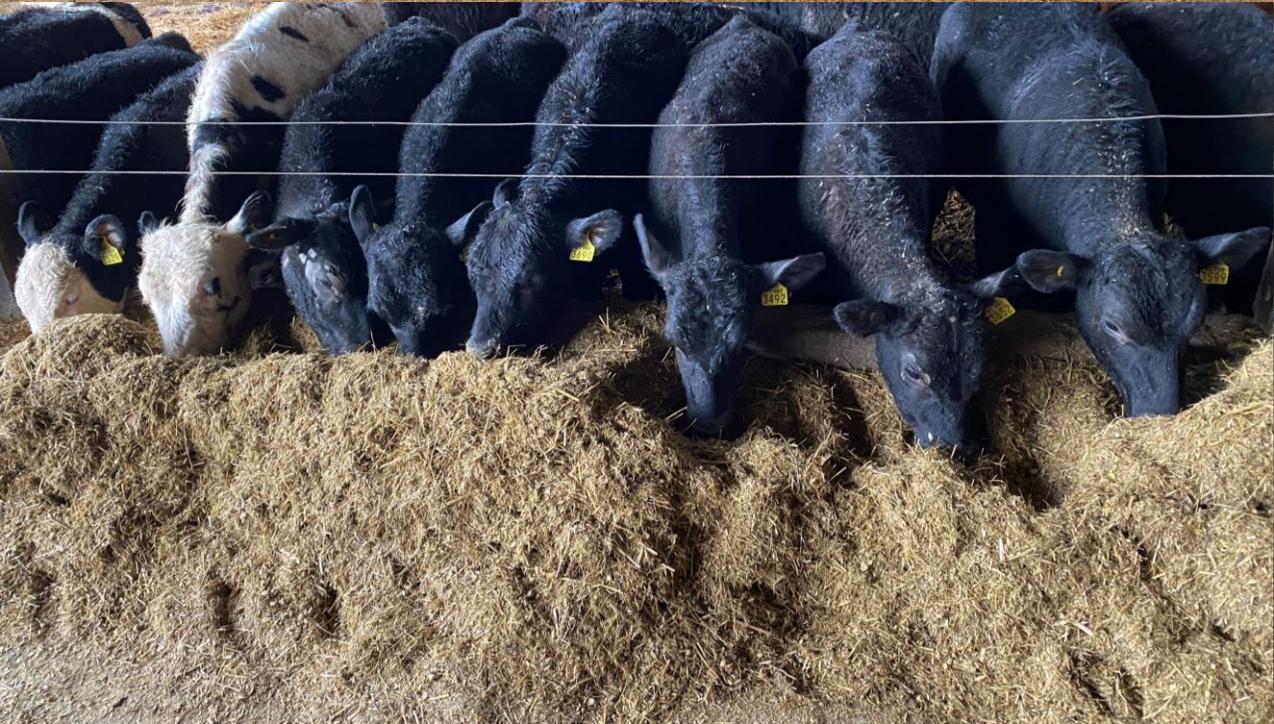


**Guano de corral (cama caliente)**



**Cama caliente**

---





**Formación de la mezcla de guano, orina y paja**

---



La composición de la ración que se proporciona a los animales y tipo de paja determinan la composición de la cama caliente

---

## Contenido de nutrientes de dos guanos de corral con diferente estado de madurez

Parámetro	Ruma I		Ruma II		Promedio		
	Unidad	Contenido bMS	kg/Ton	Contenido bMS	kg/Ton	Contenido bMS	kg/Ton
Materia seca	%	59,50		32,51		46,01	
Materia orgánica	%	17,42		50,25		33,84	
Nitrógeno total	%	1,13	6,70	2,29	7,40	1,71	7,05
Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,66	4,00	0,73	2,40	0,70	3,20
Potasio K <sub>2</sub> O	%	0,68	4,10	0,69	2,20	0,69	3,15
Calcio CaO	%	0,94	5,60	1,59	5,20	1,27	5,40
Magnesio MgO	%	0,68	4,00	0,70	2,30	0,69	3,15
Sodio total	%	0,23	1,40	0,26	0,80	0,24	1,10
Aluminio total	%	2,42	14,40	1,31	4,30	1,87	9,35
Hierro	%	1,10	6,60	85	0,27	43,05	3,44
Manganeso	mg/kg	346	0,20	333	0,10	340	0,15
Zinc	mg/kg	58	0,03	78	0,02	68	0,03
Cobre	mg/kg	35	0,02	32	0,01	34	0,02
Boro	mg/kg	32	0,01	21	0,007	27	0,01



Extracción de la cama caliente



**Carro de distribución del estiércol**

---



**Distribución en las praderas y pasturas**

---



**Estado post aplicación del gueno (cama caliente)**

---



Modificaciones en la densidad (cobertura), rendimiento y calidad son los elementos que caracterizan las aplicaciones de fertilizantes orgánicos en los pastizales



## Reciclaje de nutrientes

Rolando Demanet Filippi  
Dr. Ingeniero Agrónomo  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Medioambiente  
Universidad de Frontera

Manejo de Pastoreo  
2024