

**ASPECTOS GENERALES DEL
MANEJO NUTRICINAL DE PASTOS:
ASPECTOS QUÍMICOS Y FÍSICOS DE
SUELOS**

Dr. RAFAEL E. SALAS C.

Centro de Investigaciones Agronómicas

Universidad de Costa Rica

Organismos (o)

Clima

Fauna

Hombre

Flora

Precipitación

Viento

Temperatura

Suelo

Aspectos químicos

Aspectos físicos

Elevación

Pendiente

Elevación

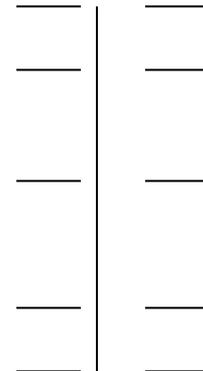
Relieve

Material parental (m.p.)

Inmaduro

Maduro

Viejo



10

10^3

10^5

Tiempo (años)

Factores de formación de suelos

Caracterización del suelo

Física	Química	Biológica
Textura	Disponibilidad de nutrientes	Materia orgánica
Estructura	Capacidad de intercambio catiónico	Biomasa microbiana
Profundidad	pH, Acidez Intercambiable y Saturación de acidez	Carbono orgánico
Capacidad de retención del agua	Relación de bases cambiante	Cobertura de la vegetación
Drenaje interno	Nitrógeno total, nítrico y amoniacal	Presencia de lombrices y otra fauna del suelo
Compactación	Contenido de sales	Nemátodos

Flujo de Nutrimentos en el Sistema Suelo-Planta

Liberación del Suelo a la solución



Transporte a raíces para absorción



Translocación y utilización dentro de la planta

Liberación del Suelo

- **Propiedades Físicas**
- **Propiedades Químicas**
- **Propiedades Microbiológicas**

Transporte a raíces

El suministro depende de:

- 1- Concentración del nutrimento en el Suelo**
- 2- Forma en la solución del Suelo**
- 3- Humedad del Suelo**
- 4- Capacidad de absorción por la planta**

Sistema Suelo

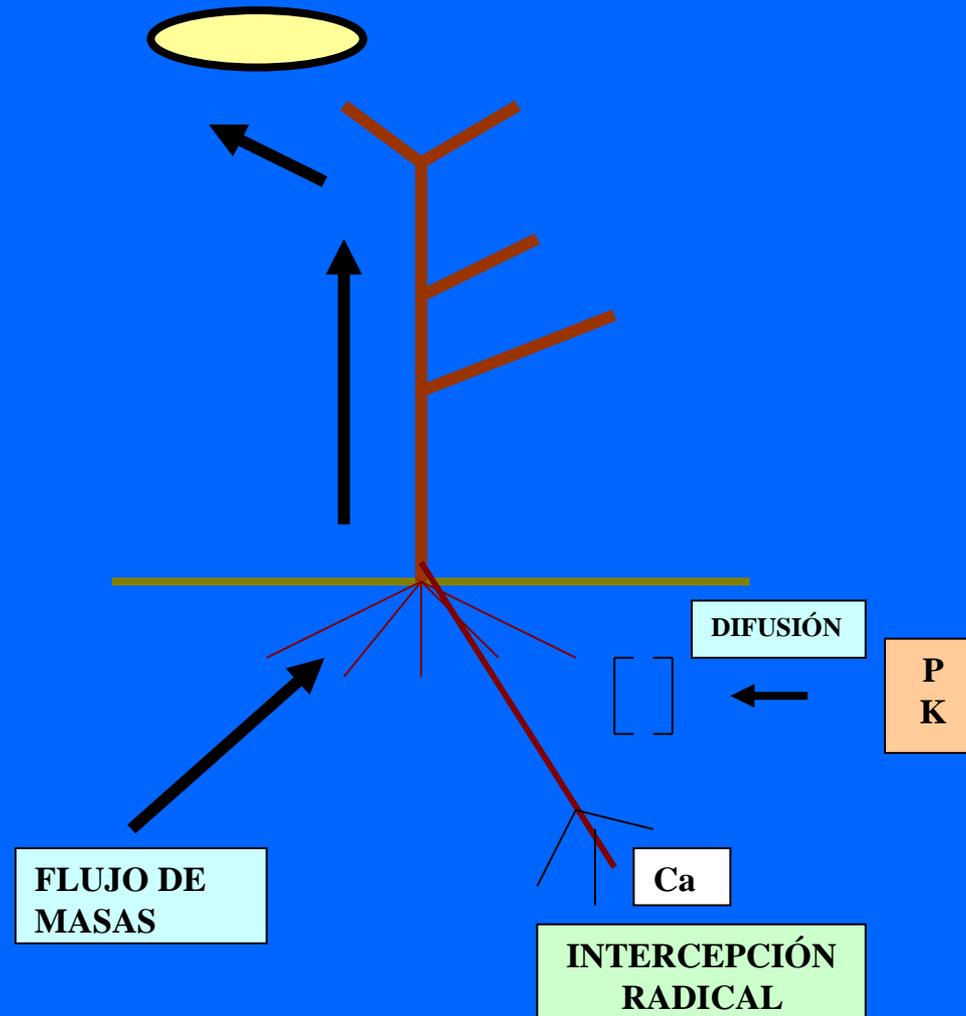
Mecanismos de llegada de nutrimentos

1- Flujo de masas

2- Difusión

3- Interceptación radical

Mecanismos de absorción radical de nutrientes



FLUJO DE MASAS

Consiste en el arrastre de nutrimentos con el agua que se mueve hacia la raíz por efecto de transpiración de la planta

Transpiración de la planta crea un gradiente de agua a nivel de raíz que permite absorber los nutrimentos disueltos en la solución del suelo

Movimiento de nutrimentos depende de su concentración en la solución del suelo y de la cantidad de agua transpirada



Flujo de masas

Afectado por:

- **Propiedades del suelo**
- **Condiciones climáticas**
- **Forma y solubilidad de los nutrimentos**
- **Especie planta**

DIFUSIÓN

Nutrientos se mueven desde una zona de mayor concentración (solución del suelo) a una de menor concentración (superficie radical)

Depende de:

coeficiente químico de difusión

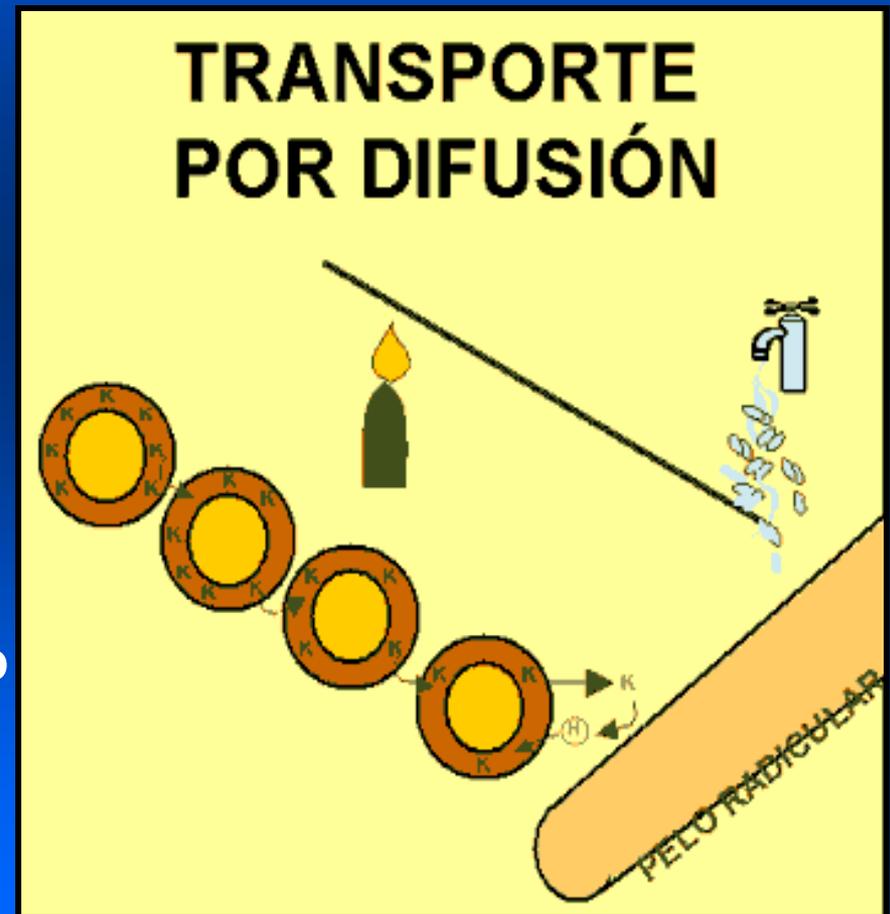
magnitud de la gradiente

textura

agua

superficie radical

tortuosidad y viscosidad del medio



INTERCEPCIÓN RADICAL

Raíces se extienden a través del espacio poroso del suelo e interceptan los nutrimentos

Es muy específico para absorción de Ca debido a la abundancia de este catión en la solución del suelo



Importancia relativa de los tres tipos de movimiento de nutrimentos en el suelo

	% aprox. de elemento suplido		
	Flujo de masas	Intercepción radical	Difusión
N	98.8	1.2	0
P	6.3	2.8	90.9
K	20.0	2.3	77.7
Ca	71.4	28.6	0
S	95.0	5.0	0
Mo	95.2	4.8	0

Sistema Planta

Movilidad de nutrimentos

Muy móviles

N

P

K

Inmóviles

Ca

B

Mn

Fe

Movilidad variable

Zn

Cu

S

Mineralización de la materia orgánica

2% si a.s.n.m. es < 1.300 m

1.5% si a.s.n.m. es 1.300 a 1.500 m

1.0% si a.s.n.m. es 1.500 a 1.700 m

0.5% si a.s.n.m. es > 1.700 m

FÍSICA DE SUELO

Compactación del suelo: Principal problema.

- Produce:**
- 1- Aumento en la densidad aparente
 - 2- Aumenta la dureza del suelo
 - 3- Destruye y debilita la estructura del suelo
 - 4- Disminuye la porosidad (afecta aireación)
 - 5- Afecta el movimiento del agua en el perfil
 - 6- Disminuye la penetración de raíces

RELACIÓN ENTRE DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD TOTAL

Densidad aparente

Mg/m³

< 1,0

1,0 - 1,2

1,2 - 1,4

1,4 - 1,6

1,6 - 1,8

> 1,8

Porosidad total

%

> 63

55 - 62

47 - 54

40 - 46

32 - 39

< 31

RELACIÓN ENTRE CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO Y SUSCEPTIBILIDAD A SUFRIR DAÑO

SUELO SECO

Alta capacidad de soporte

Mínimo daño estructural

SUELO HÚMEDO

Baja capacidad de soporte

Máximo daño estructural

Daño estructural por pisoteo

ANÁLISIS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

	% RETENCIÓN		% AGUA	% HUMEDAD	AGUA
	0,33 BAR	15 BARES	ÚTIL	VOLUMÉTRICA	m ³ /ha
OREAMUNO SUPERFICIAL 0 - 20 cm	82,85	55,97	26,88	21,50	430,00
OREAMUNO 20 - 100 cm	67,53	51,91	15,62	12,65	1012,00
				TOTAL	1442,00
POASITO SUPERFICIAL 0 - 26 cm	97,51	64,96	32,55	17,58	457,08
POASITO 26 - 100 cm	102,27	66,78	35,49	11,35	839,90
				TOTAL	1296,98
ZARCERO SUPERFICIAL 0 - 20 cm	119,10	108,30	10,80	10,69	213,80
ZARCERO 20 - 100 cm	89,60	64,90	24,60	26,32	2105,60
				TOTAL	2319,40
LA FORTUNA SUPERFICIAL 0 - 20 cm	77,56	74,74	2,80	1,88	37,60
LA FORTUNA 20 - 100 cm	37,90	34,43	3,50	1,86	148,80
				TOTAL	186,40

DETERMINACIÓN DE MACRO - MESO Y MICROPOROS EN EL SUELO

Macroporos = Porosidad total - % H. V. CC

Mesoporos = % H. V. - %H. V. PMP

Microporos = %H. V. PMP

%H. V. CC = Humedad volumétrica capacidad de campo

%H. V. PMP = Humedad volumétrica a punto de marchitez permanente

Cuadro de interpretación de Conductividad Hidráulica

CLASE

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA en cm/hora

Lenta

1. Muy lenta

> 0,13

2. Lenta

0,13 - 0,51

Moderada

3. Moderadamente lenta

0,51 - 2,00

4. Moderada

2,00 - 6,30

5. Moderadamente rápida

6,30 - 12,70

Rápida

6. Rápida

12,70 - 25,40

7. Muy rápida

> 25,40

Resistencia a la penetración según la textura, material parental y uso de la tierra

Variable	Resistencia (kg/cm ²)
TEXTURA	
Arcillosa	32.47
Arcillo-limosa	46.67
Franco-arcilloso	37.42
Franco-arcillo-arenosa	42.63
Franco-arenoso	25.30
MATERIAL PARENTAL	
Aluvión	23.00
Toba volcánica	45.33
USO DE LA TIERRA	
Caña de azúcar	16.18
Sorgo	33.51
Pastos	61.96

Tomado de: Agüero 1980

$$\begin{aligned} & \% \text{ penetraci3n de ra\u00edces} \\ & = 104,6 - 3,53 (\text{R.P.})^* \end{aligned}$$

RP = Resistencia a la penetraci3n en bares

$$1 \text{ bar} = \text{kg/cm}^2 \times 0,98$$

Resistencia a la penetración (kg/cm²) según la profundidad de muestreo y uso del suelo

Suelo	Uso del suelo	Profundidad de muestreo (cm)						
		0	5	10	15	20	25	30
Aluvión	Agricultura	18.3	20.1	25.8	26.4	20.6	18.7	17.7
	Ganadería	34.5	36.8	23.0	15.0	13.8	9.2	9.2
Toba volcánica	Agricultura	26.8	43.1	38.5	25.6	25.4	25.3	18.4
	Ganadería	68.6	68.6	63.3	49.4	45.3	44.5	43.7

% Penetración de raíces 104,6 – 3,53 (R.P.)*

*RP = Resistencia a la penetración en bares

$$1 \text{ bar} = \text{kg/cm}^2 \times 0,98$$

ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS

Muestra	DENSIDAD APARENTE	ESPACIO POROS TOTAL	ESPACIO AEREO	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA	PENETRACIÓN RAÍCES
	g/cm ³	%	%	cm/Hora	%
Área boñiga superficial 0 - 14 cm	0,26	87,74	68,24	6,03	70,00
Área boñiga Horiz. A 15 - 26 cm	0,54	75,45	24,15	0,01	
Área boñiga Horiz. AB 27 - 67 cm	0,36	84,14	48,86	0,22	
Área boñiga Horiz. B + 67 cm	0,32	85,78	54,42	2,17	
Área sin Boñiga superficial 0 - 8 cm	0,49	75,74	41,44	1,58	60,50
Área sin boñiga Horiz. A 9 - 26 cm	0,61	72,65	23,85	0,01	
Área sin boñiga Horiz. B +26 cm	0,33	85,71	49,41	0,68	

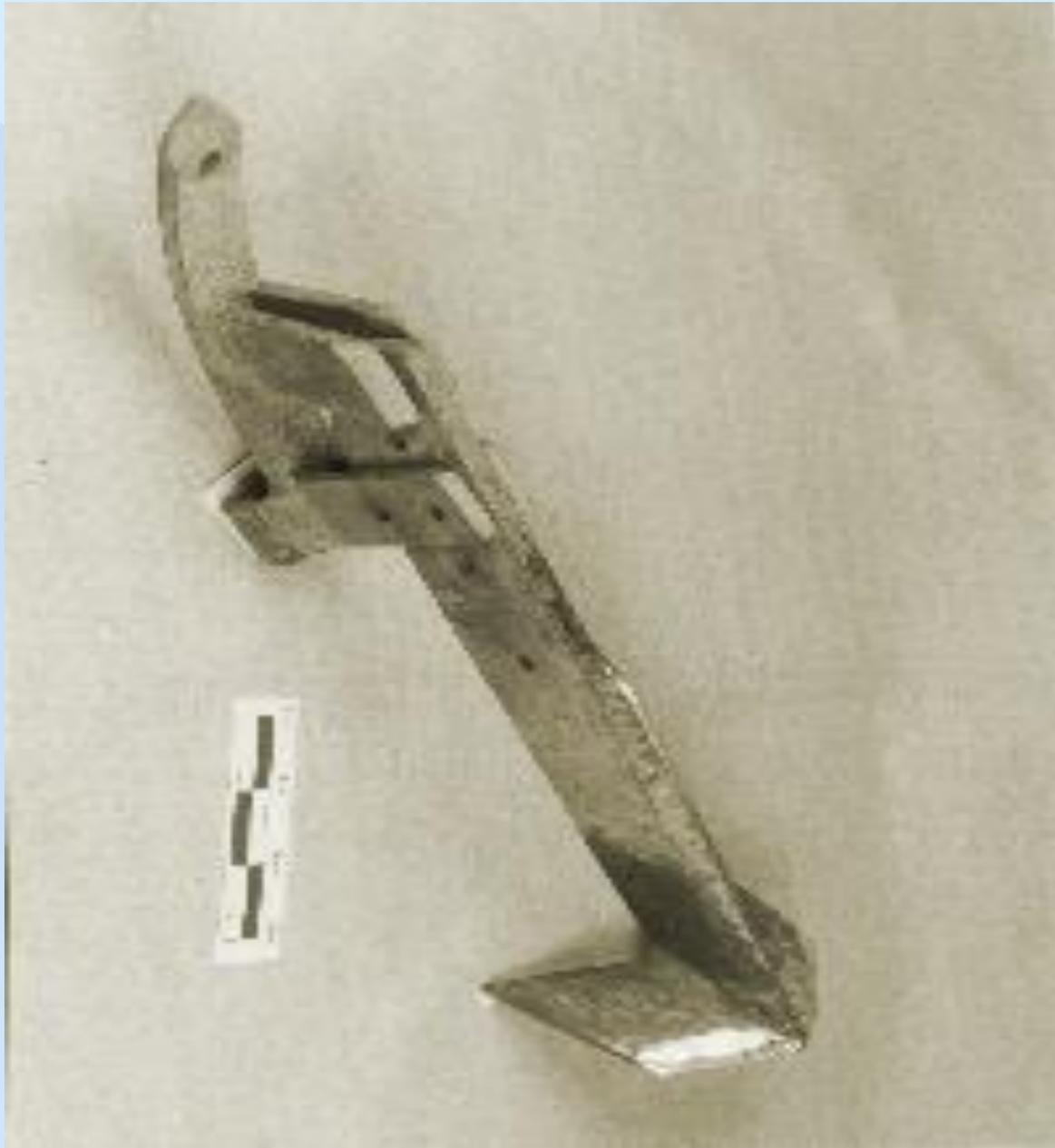
Cuadro de interpretación de Conductividad Hidráulica

CLASE	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA en cm/hora
Lenta	
1. Muy lenta	> 0,13
2. Lenta	0,13 - 0,51
Moderada	
3. Moderadamente lenta	0,51 - 2,00
4. Moderada	2,00 - 6,30
5. Moderadamente rápida	6,30 - 12,70
Rápida	
6. Rápida	12,70 - 25,40
7. Muy rápida	> 25,40











Dosis anuales en pastos (kg/ha)

NUTRIMENTO	FERTILIDAD BAJA	FERTILIDAD MEDIA	FERTILIDAD ALTA
NITROGENO (N)	180 – 250	180 – 250	180 – 250
FOSFORO (P₂O₅)	80 – 130	40 – 80	20 – 40
POTASIO (K₂O)	30 – 40	20 – 30	10 – 20
MAGNESIO (MgO)	30 – 40	30 – 40	30 – 40
AZUFRE (S)	20 – 30	10 – 20	10 - 20

USO DE FERTILIZANTES

- Esencial para asegurar crecimiento y rendimientos altos en pastos de gran demanda nutricional
- Garantizar productividad en suelos de baja fertilidad
- Mejorar la fertilidad residual de los suelos
- Restituir los nutrimentos absorbidos por el pasto
- Mejorar la calidad nutricional de los pastos
- Favorecer la resistencia a enfermedades

INFORMACIÓN ÚTIL PARA ESTABLECER RECOMENDACIONES

1. Características del suelo

-fertilidad: análisis

condiciones físicas: textura, drenaje, suelo

-estimación de eficiencia de fertilización

2. Condiciones ambientales del sitio

-temperatura

-precipitación

-relieve

3. Características del cultivo

-duración del ciclo, etapas de desarrollo

-botánica, estructura radical

-requerimientos nutricionales

-épocas de máxima absorción

INFORMACIÓN ÚTIL PARA ESTABLECER RECOMENDACIONES

4. Experiencia previa de fertilización

5. Manuales de producción y recomendaciones

6. Nivel de tecnología utilizado

-área

-densidad

-características varietales

-manejo

7. Características de Fertilizantes

-fuente

método aplicación

-costo

-dosis

- ◎ A nivel de suelo debemos conocer las características **Físicas, Químicas y microbiológicas** y la cantidad y disponibilidad real de los nutrimentos, así, como el balance entre los mismos.
- ◎ A nivel de planta necesitamos saber su estado **fenológico**, para determinar los requisitos, la extracción o el consumo de nutrimentos que permitan completar su ciclo de producción.

- ◎ El potencial productivo del forraje está en función de los procesos fisiológicos y químicos de la planta y de la interacción entre los factores genéticos y ambientales.

- ◎ Los factores climáticos que afectan el crecimiento y diferenciación de tejidos son:
 - **Brillo solar**
 - **Evaporación**
 - **Temperatura**
 - **temperatura máxima y mínima**

Factores que regulan la intensidad y duración del Pastoreo

Suelo: 1- Capacidad de soporte

2- Grado de cobertura

Forraje: 1- Cantidad de biomasa

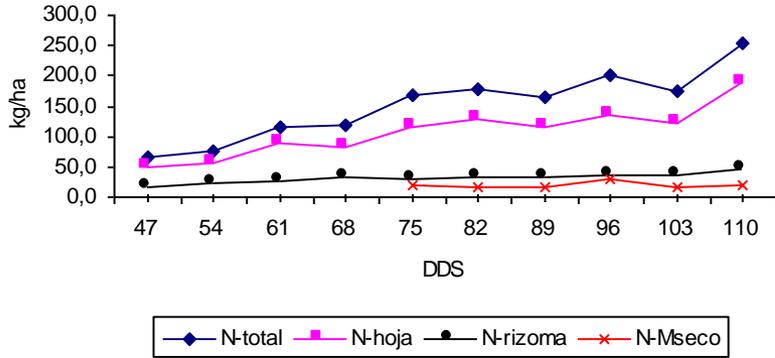
2- Calidad de forraje

Animal: 1- Carga animal

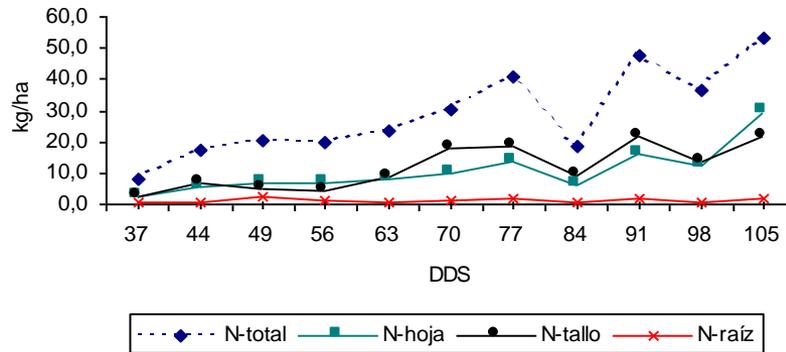
2- Duración del pastoreo

Nitrógeno

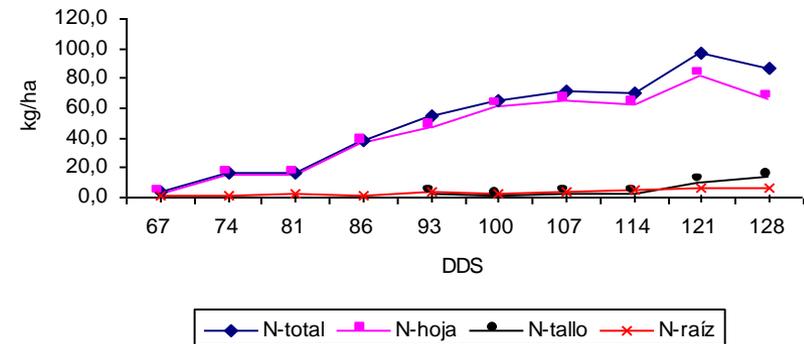
Kikuyo: absorción de nitrógeno



Estrella: absorción de nitrógeno

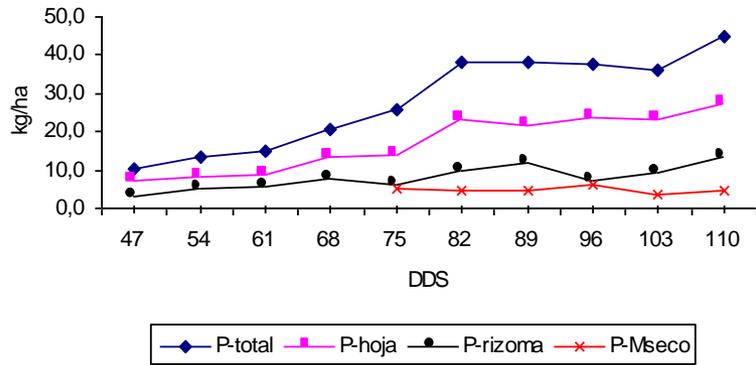


Toledo: absorción de nitrógeno

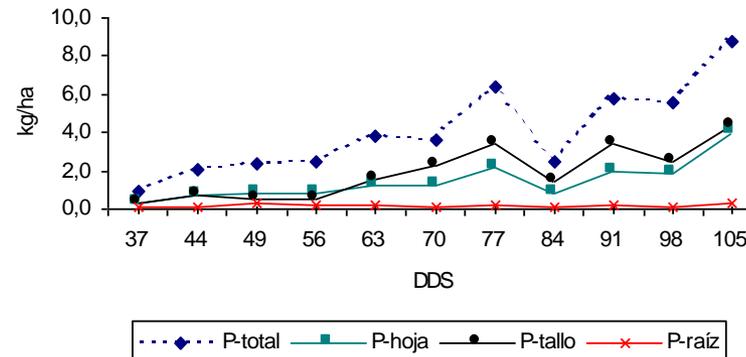


Fósforo

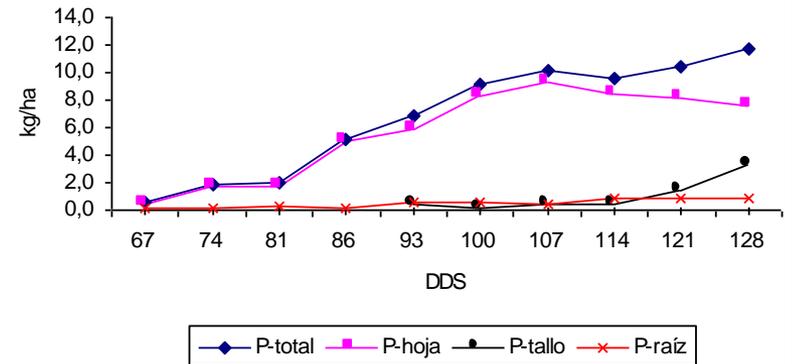
Kikuyo: Absorción de fósforo



Estrella: absorción de fósforo

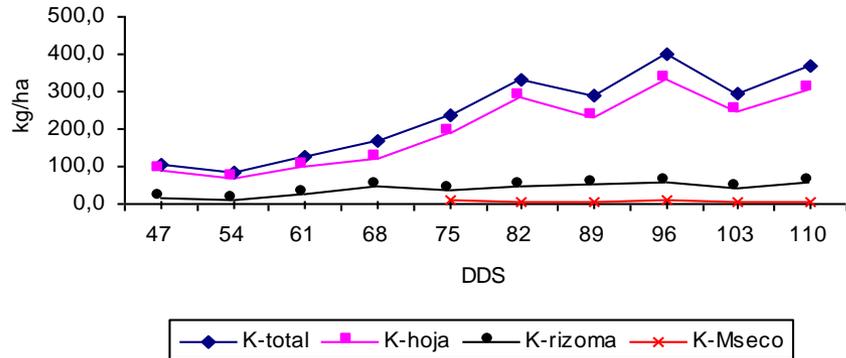


Toledo: absorción de fósforo

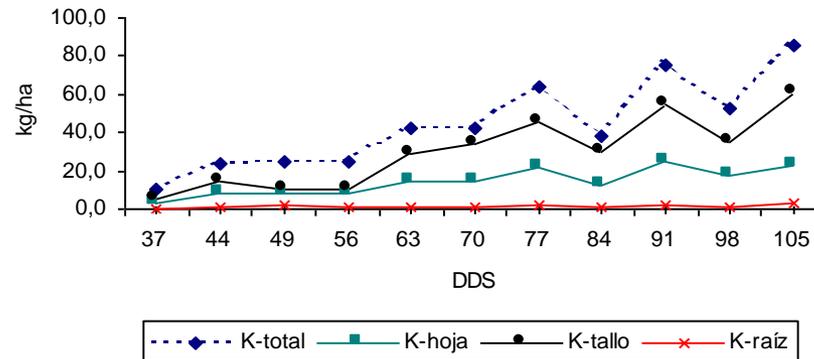


Potasio

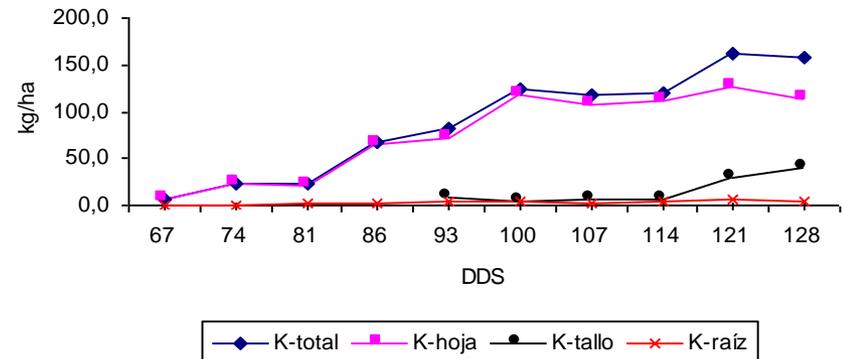
Kikuyo: absorción de potasio



Estrella: absorción de potasio



Toledo: absorción de potasio



PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DE LOS FERTILIZANTES

- 1- Grado o concentración
- 2- Tamaño de partícula
- 3- Solubilidad
- 4- Consistencia del gránulo
- 5- Densidad aparente
- 6- Higroscopicidad
- 7- Compatibilidad química
- 8- Acidez y basicidad
- 9- Índice salino



Velocidad de Absorción Foliar

Nutrimiento	Tiempo para que se absorba el 50% del producto
N (urea)	0,5 – 2 h
P	5-10 días
K	10-24 h
Ca	1-2 días
Mg	2-5 h
S	8 días
Mn	1-2 días
Zn	1-2 días
Mo	10-20 días
Fe	10-20 días

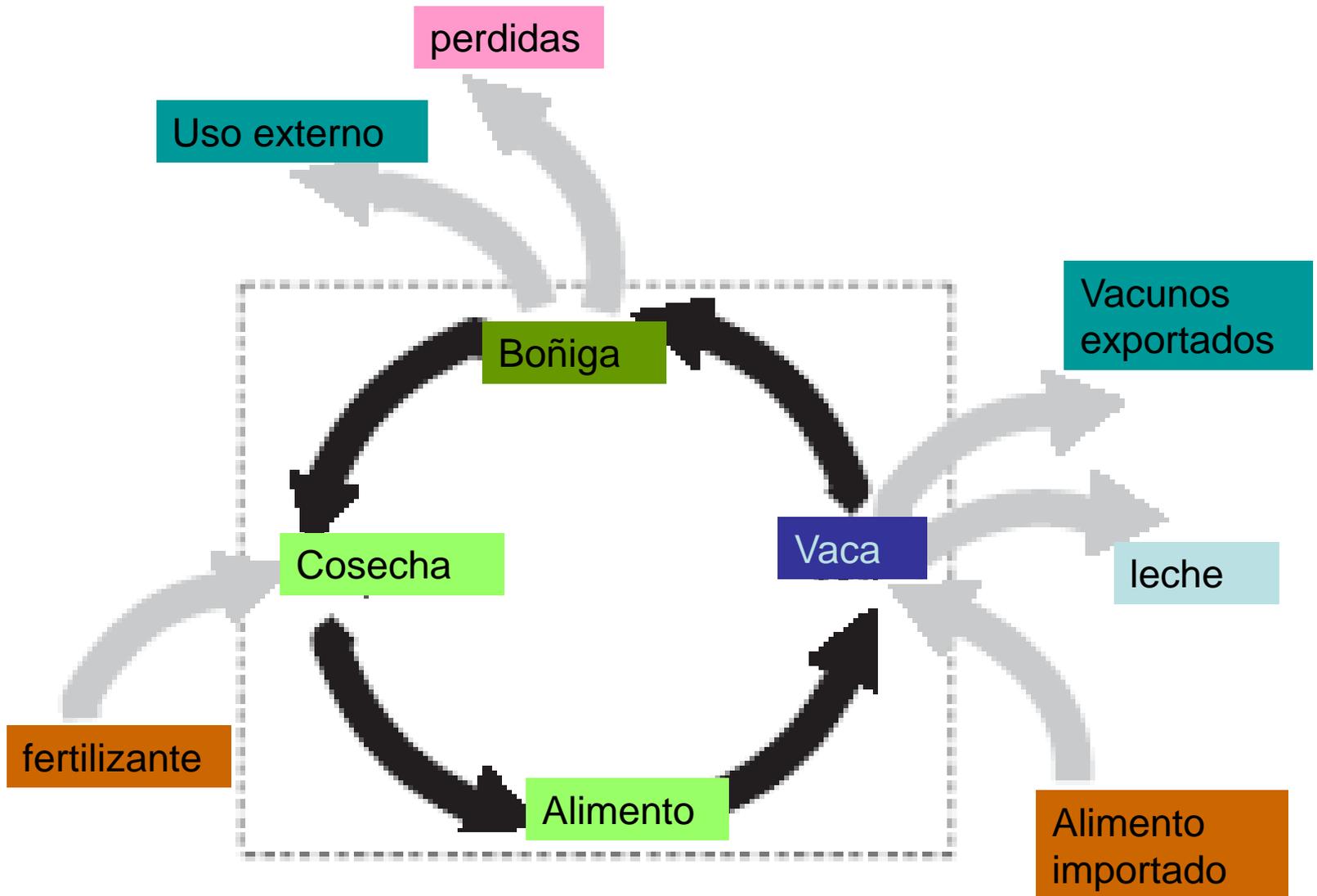
Tomado de Bertsch, 1995

Tolerancia de concentración en aplicaciones foliares

Nutriente	Fertilizante	Kg/400 L agua (*)
Nitrógeno	Urea	3-5
	NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2-3
	NH_4Cl , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	2-3
Fósforo	H_3PO_4 , otros (ver N)	1,5 – 2,5
Potasio	KNO_3 , K_2SO_4 , KCl	3-5
Calcio	CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	3-6
Magnesio	MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	3-12
Hierro	FeSO_4	2-12
Manganeso	MnSO_4	2-3
Zinc	ZnSO_4	1,5-2,5
Boro	Sodio borato	0,25-1
Molibdeno	Sodio molibdeno	0,1-0,15

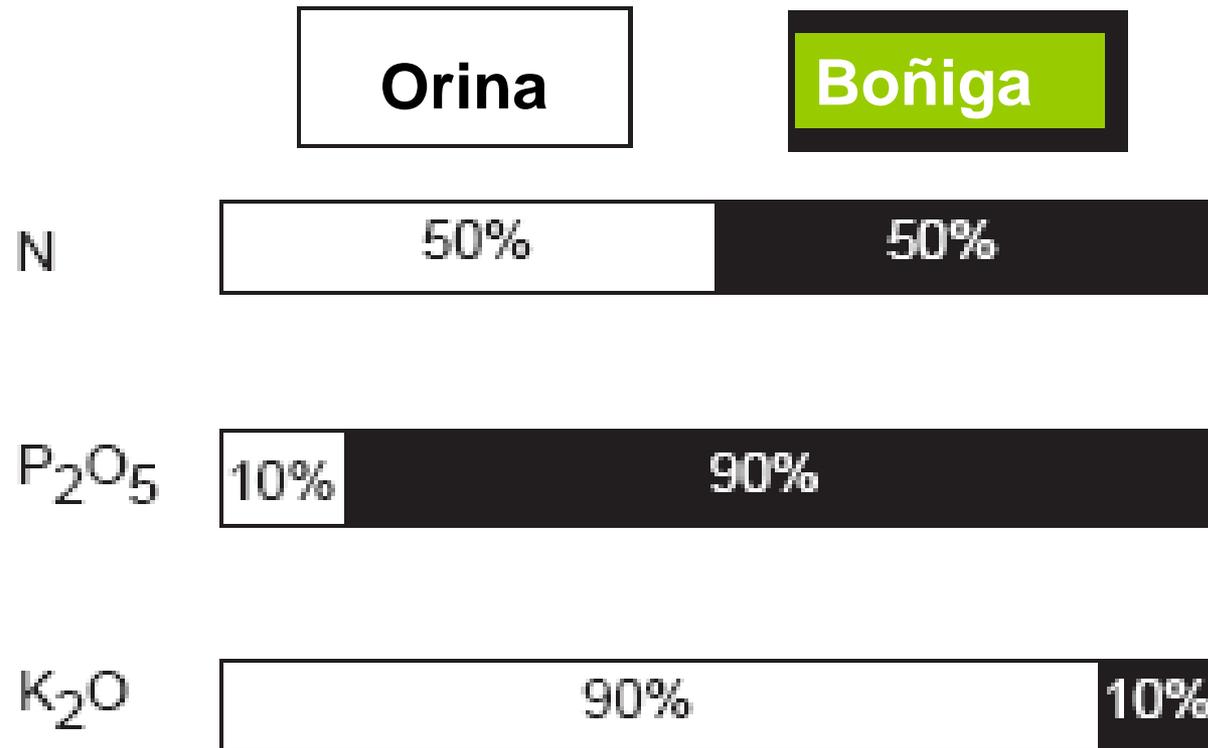
(*) 400 L, cantidad suficiente para 1 ha de cultivo.
Tomado de Fageria *et al.* 1997

Flujo nutricional de una finca de leche





Distribucion de nutrientes en las excretas bovinas



Source: *Field Application of Manure, A Supplement to Manure Management for Environmental Protection*, Robert E. Graves, ed. (Pennsylvania Department of Environmental Resources, Harrisburg, 1986).



TANQUE ESTERCOLERO



ESTRELLA CON BOÑIGA



ESTRELLA SIN BOÑIGA



Fertilización mineral y orgánica (excretas)

en la producción de pasto (*Cynodon dactylon*)

Dosis	Fertilización mineral (kg/ha/año N-P-K)		
de excreta	0-0-0	150-50-100	300-75-150
t /ha	t MS pasto / ha		
0	4.5	7.0	7.9
25	4.6	8.3	9.3
50	7.7	9.0	12.9



Área sin aplicación
de purines

Área con aplicación de purines

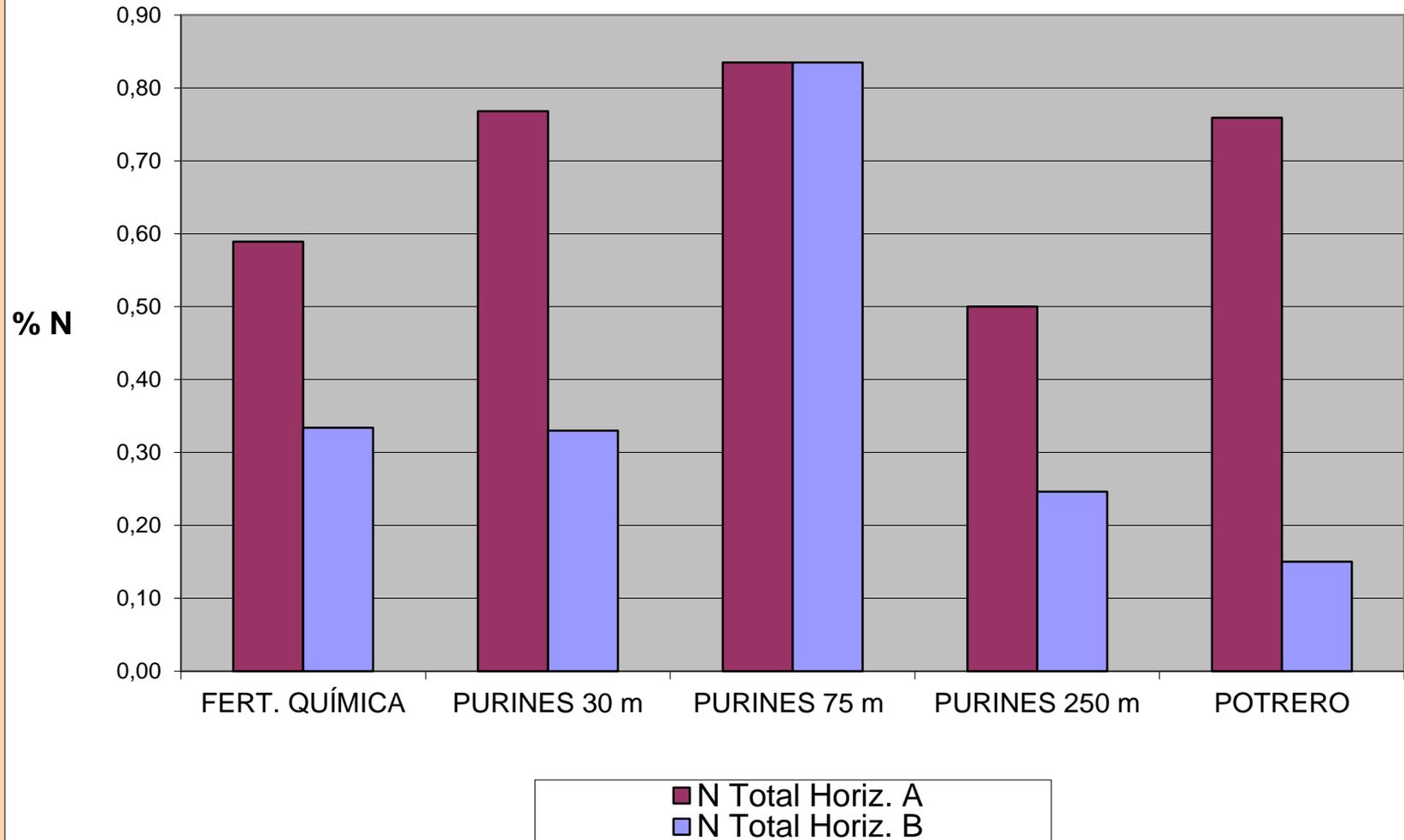
Horizontes superficiales en área con aplicación de purines



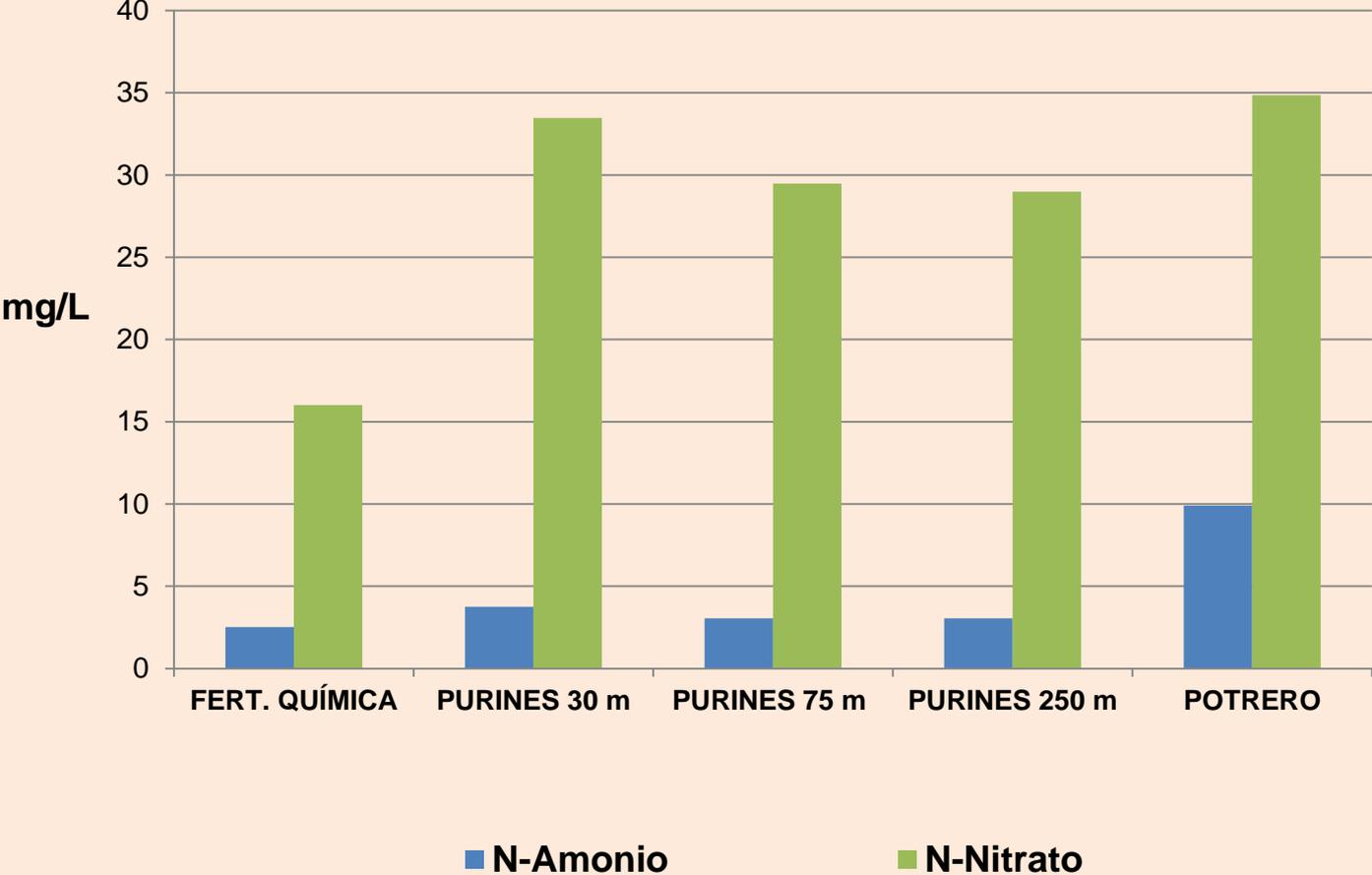
Horizontes superficiales área sin aplicación de purines



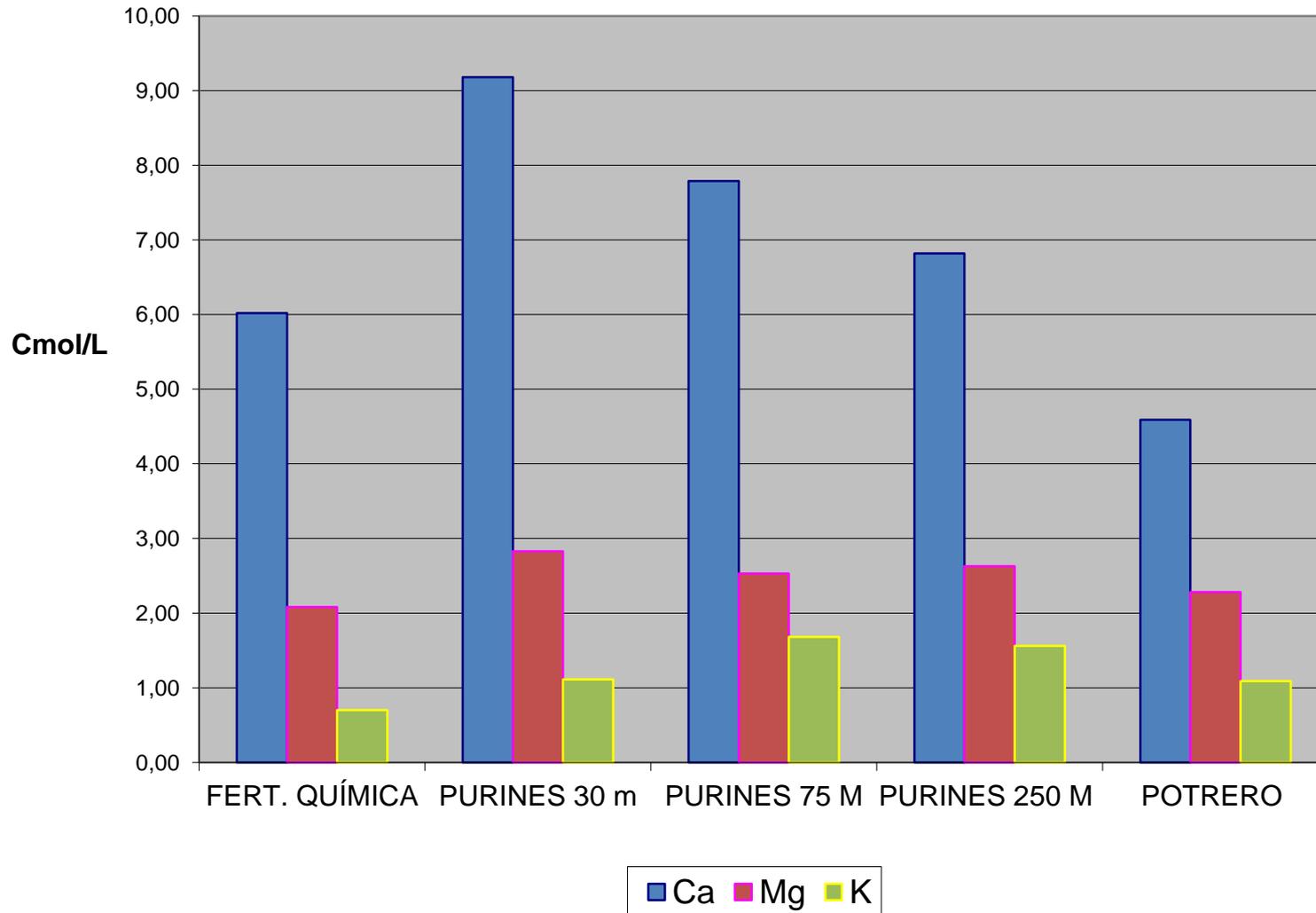
N Total en el Suelo. Horizontes A y B



Contenidos de N-NH4 y N-NO3 en Horizonte Superficial



Contenidos de Ca - Mg - K en el Suelo Superficial





Qué nos dice el
pasto?

ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR

	%						mg/kg				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Purines	4.16	0,48	0,33	0,35	4,35	0,33	88	10	27	34	3
Fert. Química	4.18	0,47	0,24	0,29	4,34	0,32	108	9	23	60	2
Promedio de la zona	3.41	0,36	0,42	0,33	2,56	0.21	227	11	32	61	8

Pasto Kikuyo

ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR											
	%						mg/kg				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Químico + Purines	2,37	0,25	0,34	0,20	1,98	0,23	71	8	30	55	2
Químico	1,75	0,27	0,28	0,15	2,15	0,24	374	8	30	100	2
Promedio de la zona	2,79	0,31	0,37	0,19	2,00	0,21	111	9	31	115	20

Pasto Estrella Africana

EXTRACCIÓN DE NUTRIMENTOS POR EL PASTO

	kg/ha						g/ha				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	Químico + Purines	274,35	28,94	39,36	23,15	229,2	26,62	821,9	92,6	347	637
Químico	118,74	16,40	18,37	9,84	145,0	15,74	1666	45,9	184	617	13,1
Diferencia	155,62	12,54	20,99	13,31	84,23	10,88	-844	46,7	164	20	10

Pasto Estrella Africana

Características de suelo que condicionan riesgo de contaminación Con Purines.

	RIESGO		
	Bajo	Medio	Alto
Capacidad de retención de agua disponible m ³ /ha	> 500	250 - 500	< 250
Profundidad efectiva cm	> 100	50 - 100	< 50
Profundidad del nivel freático cm	> 90	45 - 90	< 45
Conductividad hidráulica de 0 - 150 cm cm/h	< 5	5 - 15	> 15
Materia orgánica %	< 2	2 - 4	> 4
Precipitación - ETP en invierno mm	< 150	150 - 300	> 300
Inundación	no	ocasional	Frecuente
Pendiente %	< 8	8 - 15	> 15
Elementos gruesos %	< 15	15 - 35	> 35
Factor erosión (factor K x % pendiente)	< 3	3 - 7	> 7
CE dS/m a 25 °C	< 4	4 - 8	> 8

Danés, R. y Cols.: 1993. Manual de gestión de los purines y su reutilización agrícola.
DMA-DARP, Barcelona, España.

APORTE DE NUTRIMENTOS

	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
g/Litro											
Aguas verdes	0,48	0,01	0,02	0,01	0,36	0,01					
g/kg de Materia seca											
Sólidos flotantes	20.0	5.4	7.2	2.1	3.1	2.9	14.4	0.06	0.19	0.51	0.04
Lombicompost	25.6	12.6	29.7	6.7	9.3	7.0	9.7	0.16	0.65	0.52	0.04

APORTE DE NUTRIMENTOS POR PURINES

	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Purines Líquidos	g/litro										
Oreamuno	0,42	0,07	0,12	0,04	0,89	0,06	0,02				
Poasito	0,51	0,10	0,20	0,10	0,45		0,01				
Zarcero	0,48	0,01	0,02	0,01	0,36	0,01					
La Fortuna	0,37	0,03	0,06	0,01	0,22	0,01	0,01				
Purines Sólidos	g/kg de materia seca										
Oreamuno	19,50	8,40	9,20	4,20	11,70	3,90	4,08	0,07	0,20	0,28	0,02
Poasito	26,90	4,65	9,25	2,10	5,00	4,25	3,60	0,10	0,37	0,18	0,01
Zarcero	20,00	5,40	7,20	2,10	3,10	2,90	14,40	0,06	0,19	0,51	0,04
La Fortuna	20,50	2,50	4,20	1,40	3,70	2,70	3,73	0,04	0,15	0,10	0,01

APORTE TOTAL DE NUTRIMENTOS POR LOS PURINES

	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Purines Líquidos											
Promedio kg/m³	0,45	0,05	0,10	0,04	0,38	0,02	0,01				
Purines Sólidos											
Promedio kg/m³	10,88	2,56	3,68	1,22	3,20	1,67	3,11	0,03	0,11	0,13	0,01
TOTAL kg/m³	11,33	2,61	3,77	1,26	3,58	1,68	3,12	0,03	0,11	0,13	0,01

PURINES APORTE DE NUTRIMENTOS/HA/APLICACIÓN

Kg/ha*										
N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
227	52	75	25	72	34	62.4	0.7	2.2	2.6	0,2

•Cálculos en base a 20000 litros de purines/ha

227 kg de N = 11 sacos de Urea/ha

52 kg de P = 5.2 sacos de MAP (18-46-0)

72 kg de K = 3 sacos de KCl



Muchas
gracias



Dr. RAFAEL E. SALAS C.

Centro de Investigaciones Agronómicas

Universidad de Costa Rica

rafael.salas@ucr.ac.cr