

MANEJO DE SUELOS Y ENMIENDAS COMO BASE PARA LA PRODUCCIÓN EFICIENTE DE FORRAJES



EL MANEJO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN
REQUIERE CONOCER LA RELACIÓN:



CLIMA



MANEJO



CULTIVO: PASTO

- ◎ 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**

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 cambiabile	Cobertura de la vegetación
Drenaje interno	Nitrógeno total, nítrico y amoniacal	Presencia de lombrices y otra fauna del suelo
Compactación	Contenido de sales	Nemátodos

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

Efectos del pastoreo

- 1- Defoliación causada por la ingesta de forraje por los animales
- 2- Pisoteo causado por los animales

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

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

ANALISIS FISICO DE SUELOS. ANDISOL, ALAJUELA

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

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

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

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

*RP = Resistencia a la penetración en bares

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

















CONSIDERACIONES PARA MANEJO DE NUTRIMENTOS

- 1- Estimar el potencial de nutrimento nativo del suelo.
- 2- Estimar la demanda de nutrimento para una meta de rendimiento.
- 3- Estimar la eficiencia de la fertilización aplicada.

CONSIDERACIONES PARA MANEJO DE NUTRIMENTOS

4- Cálculo de dosis y fuentes de fertilizantes.

5- Decidir el número de aplicaciones y el momento de aplicación.

Análisis de suelos

Comparación de métodos

Método	Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----cmol(+)/L-----					-----mg/L-----		
Olsen-KCL	21.80	8.20	0.20	20.0	7.8	38	11.5	1.4
Mehlich 3	19.50	9.60	0.20	31.10	7.8	291	47.5	1.5
Agua 1:1	0.005	0.003	0.001	6.8	Tr	0.33	0.08	Tr

Análisis de suelos

Es puntual y estático

- Correlación**
- Calibración**
- Nivel crítico**

Parámetros para identificar problemas de acidez:

pH
acidez
%SA

menor de 5.5
mayor de 0.5 cmol(+)/L
mayor de 10%

%SA = % de Saturación de Acidez = $\frac{\text{acidez}}{\text{CICE}} \times 100$

CICE = Ca + Mg + K + ACIDEZ

Forraje	% de Saturación de Bases adecuado	% de Saturación de Acidez tolerado	RAS ¹ recomendado
Alfalfa	80	20	<15
Trébol	60-70	30-40	<25
Lolium multiflorum	60-70	30-40	<25
Leucaena	60	40	<30
Vicia sp.	60	40	<30
Panicum maximun	60	40	<30
Pennisetum purpureum	60	40	<30
Cynodon sp.	60	40	<30
Caña de azúcar	60	40	<30
Avena	50-60	40-50	<30
Hemarthria altissima	50-60	40-50	<30
Centeno	50	50	<40
Lotus corniculatus	50	50	<40
Gandul	50	50	<40
Brachiaria brizantha	40-50	50-60	<40
Setaria so,	40	60	<50
Arachis pinto	40	60	<50
Brachiaria dictyoneura	40	60	<50

Bertsch (1995)

ANÁLISIS FOLIAR

- Se basa en estudios previos de calibración que determinan los niveles críticos de nutrimentos por cultivo
- Definen rangos de deficiencia, óptimos y excesivos
- Tablas de interpretación de resultados por cultivo
- Existen diferencias varietales y climáticas que pueden alterar resultados de interpretación

TABLA DE INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS FOLIAR EN PASTOS
FUENTE: Vargas y Fonseca, 1989.

ELEMENTO	DEFICIENTE	CRITICO	OPTIMO	TOXICO
N (%)	< 1.1	1.1-1.8	>1.8	---
P (%)	< 0.26	0.31	0.31-0.60	> 0.60
K (%)	< 0.80	0.80	0.80-2.00	> 3.00
Ca (%)	< 0.37	0.43	0.43-0.80	> 2.00
Mg (%)	< 0.16	0.20	0.20-0.40	> 0.50
Fe (mg/kg)	< 50	50	50-100	> 1000
Mn (mg/kg)	< 40	40	40-100	> 1000
Cu (mg/kg)	< 10	10	Oct-20	> 80
Zn (mg/kg)	< 40	40	40-100	> 500

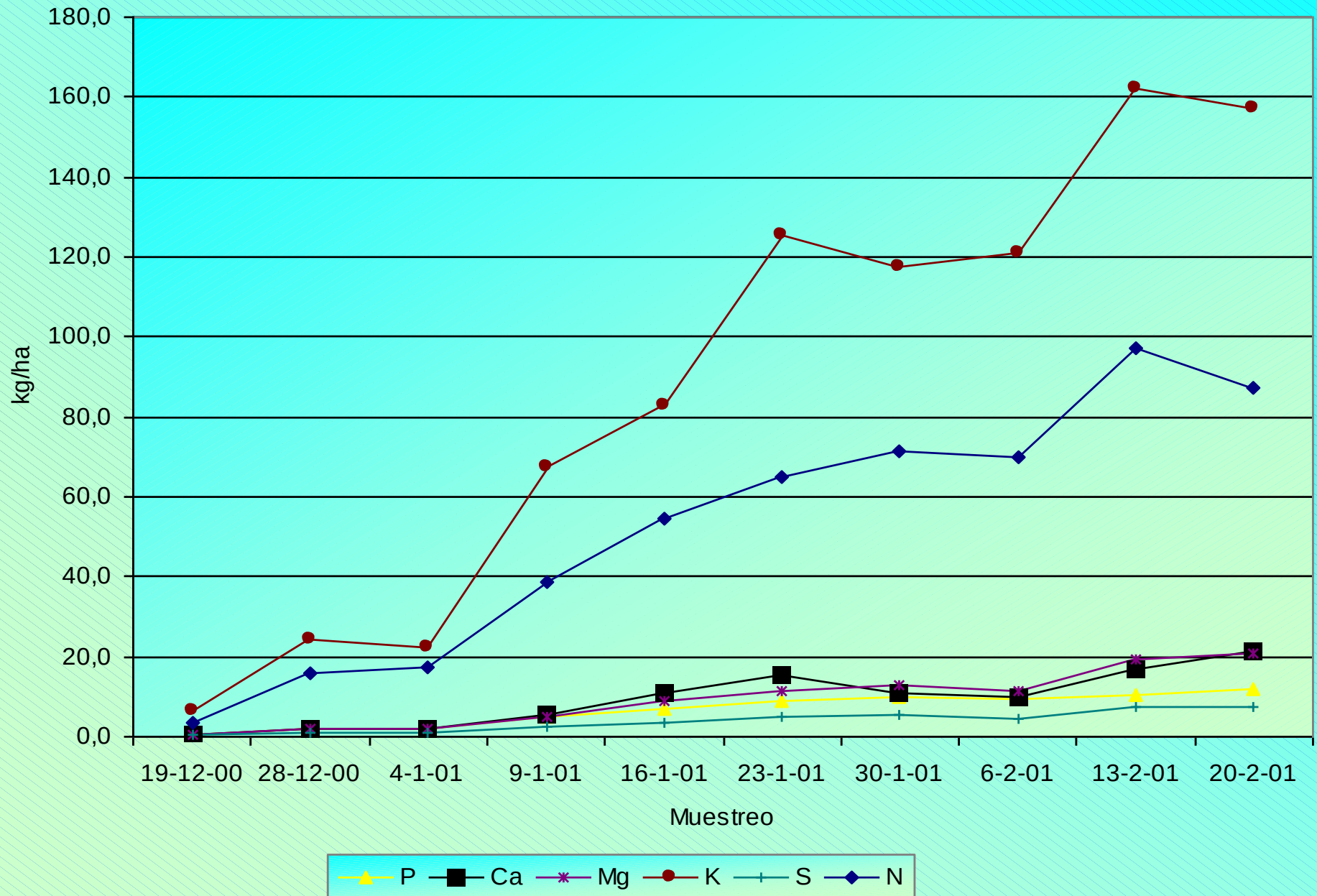
Análisis foliar									
N	%					mg/kg			
Total	P	Ca	Mg	K		Fe	Cu	Zn	Mn
2.16	0.21	0.27	0.17	0.95		110.6	14.0	42.3	47.4
N.Crít..	1.76	0.31	0.43	0.20	0.80	50.0	10.0	40.0	40.0

✓ Fósforo, Calcio, Magnesio se encuentran deficientes

Pasto toledo



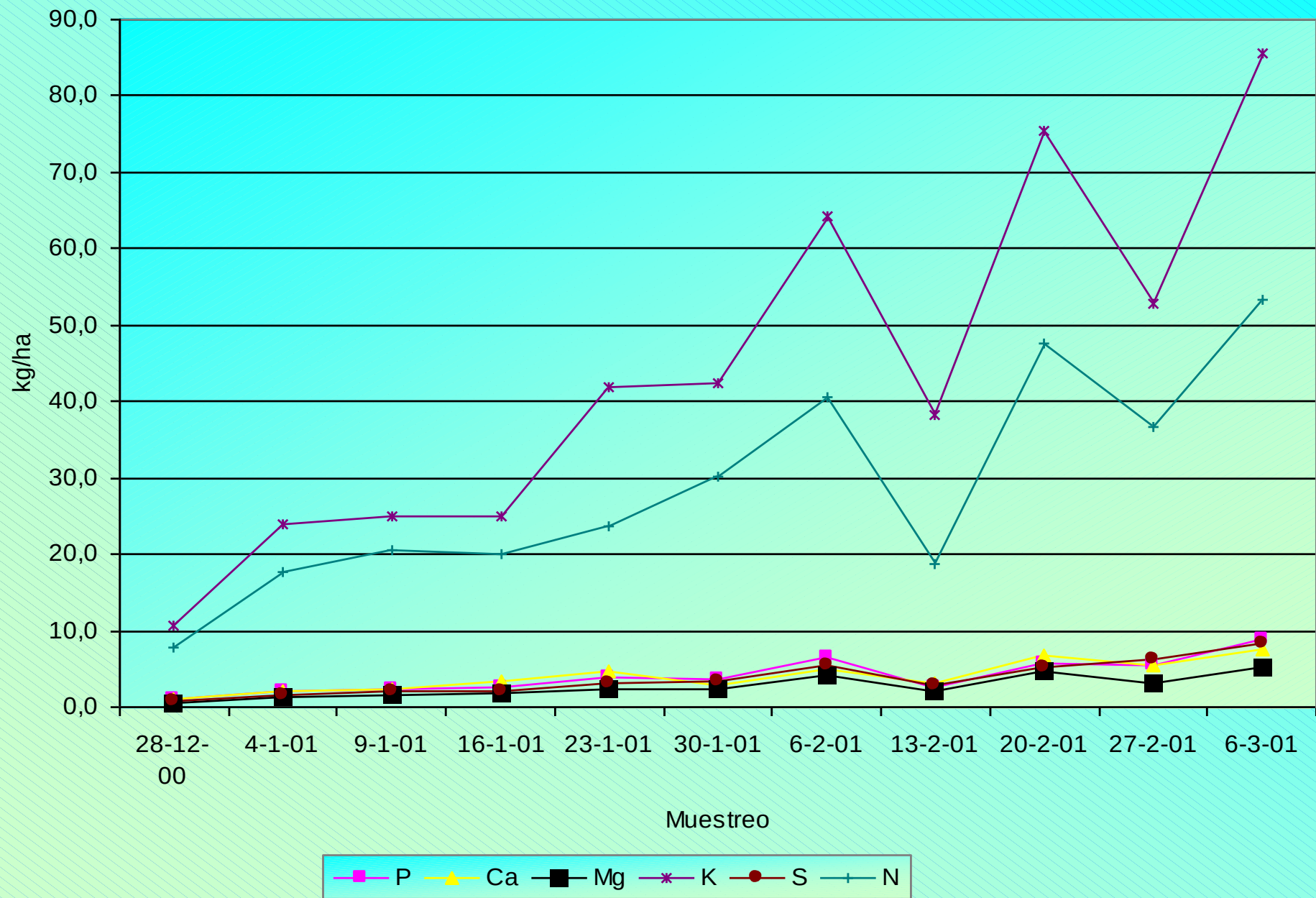
Toledo: Absorción de MACROnutrimentos



Estrella africana



Estrella: Absorción de MACROnutrimentos

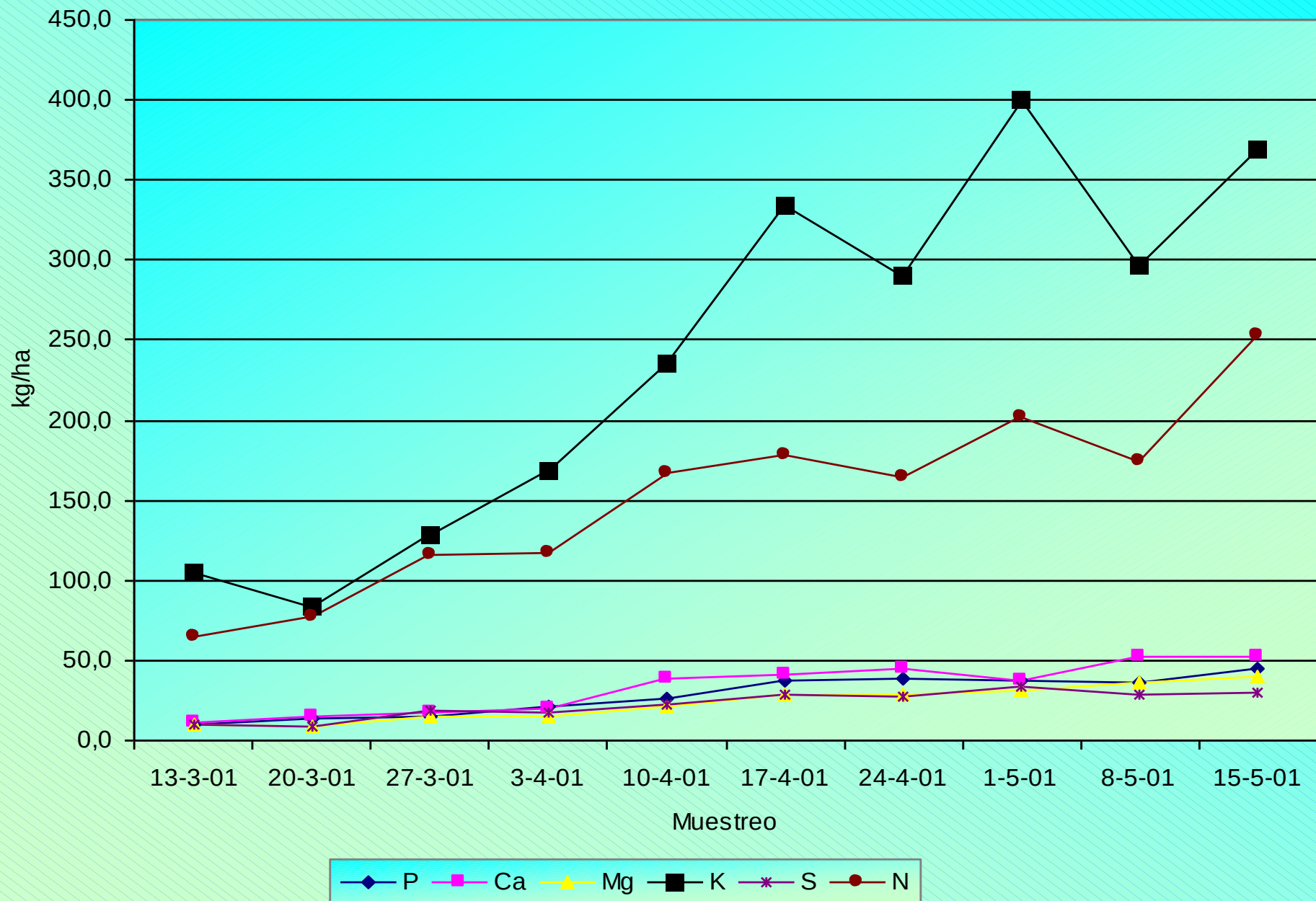


A young brown cow is standing in a field of tall green grass. In the background, there is a wire fence with dark posts. The scene is outdoors with natural lighting.

KIKUYO

Pennisetum clandestinum

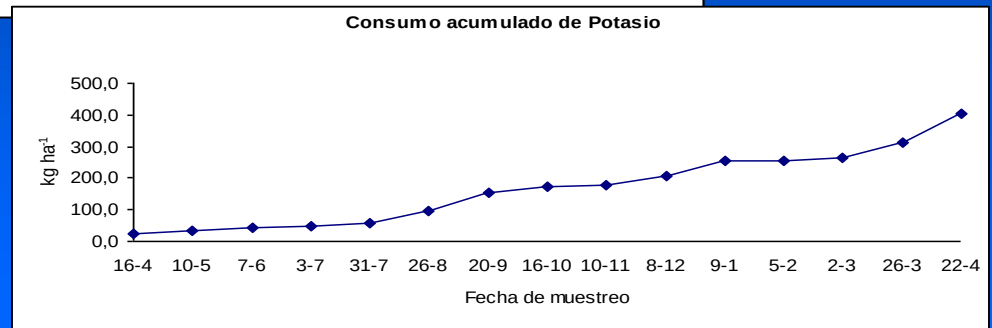
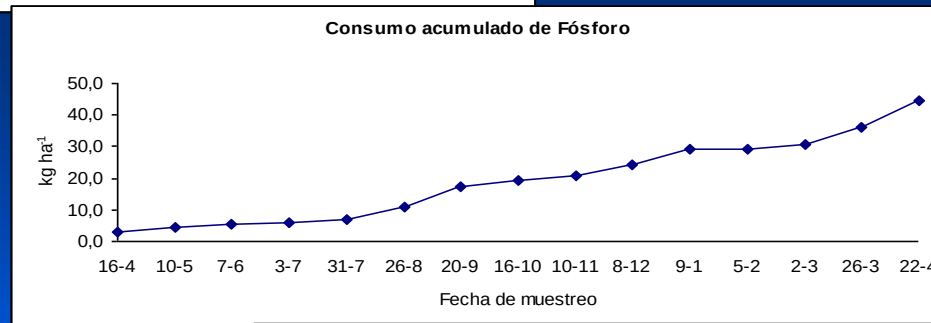
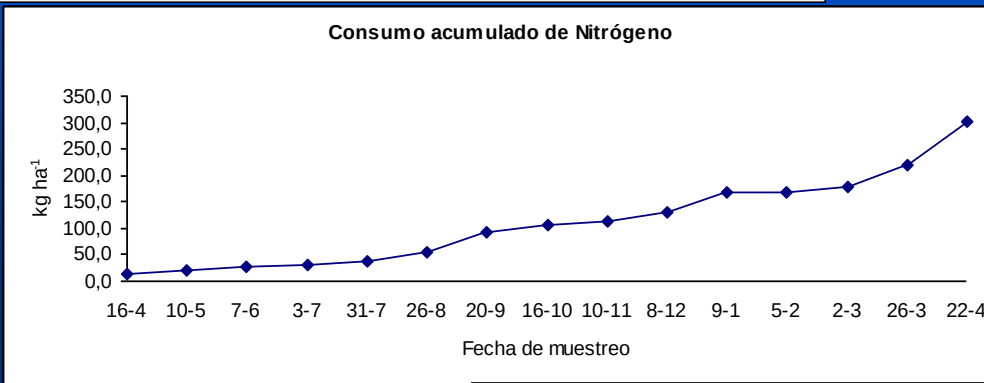
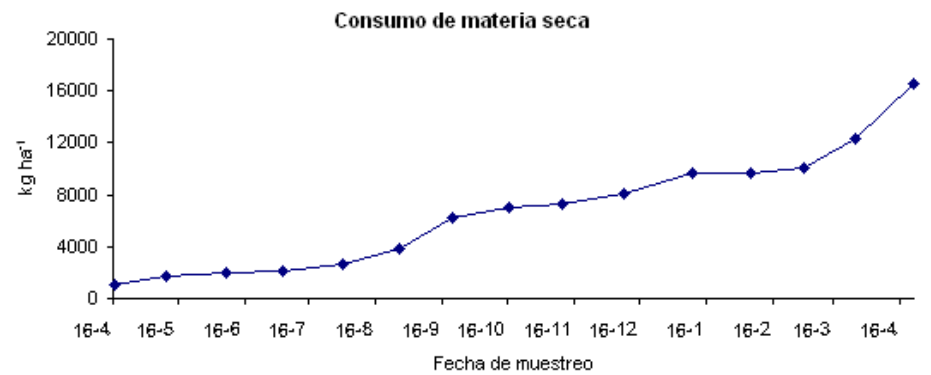
Kikuyo: Absorción de MACROnutrimentos



Absorción total en el establecimiento

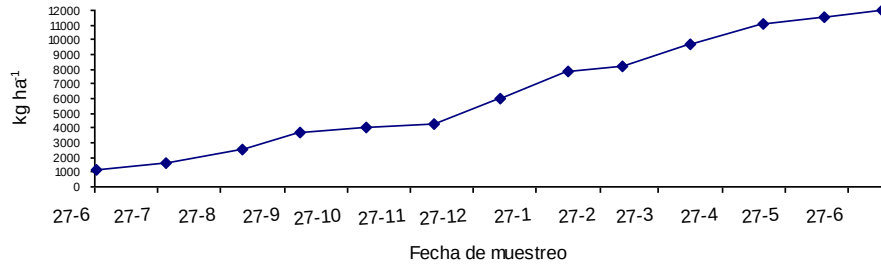
	Absorción kg/ha						Absorción g/ha				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Toledo	97	12	22	21	163	8	1 170	7	21	73	10
Estrella	54	9	8	5	86	9	233	13	20	22	3
Kikuyo	253	45	52	40	400	34	6 800	77	92	211	8

ESTRELLA AFRICANA

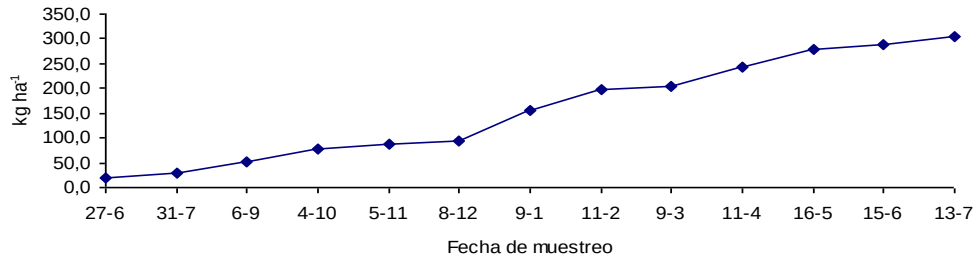


KIKUYO

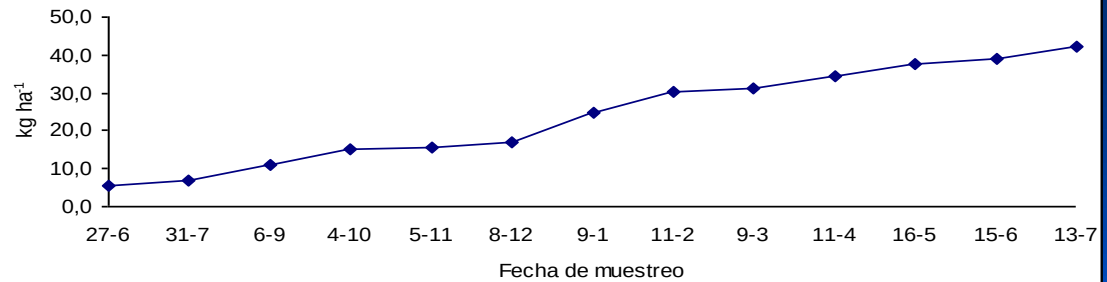
Consumo acumulado de materia seca



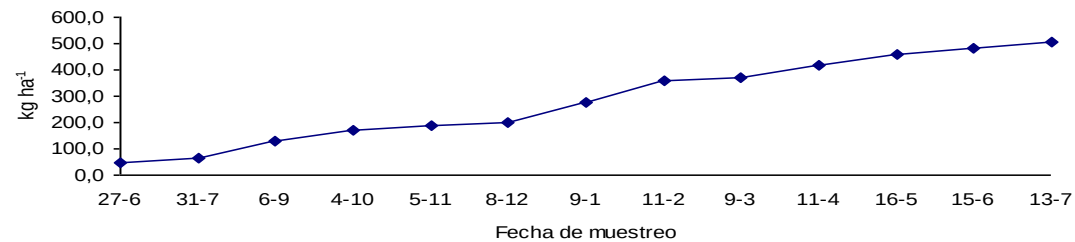
Consumo acumulado de Nitrógeno



Consumo acumulado de Fósforo

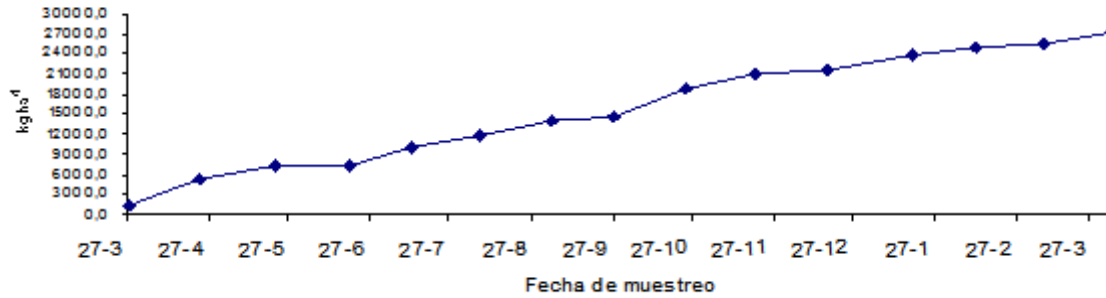


Consumo acumulado de Potasio

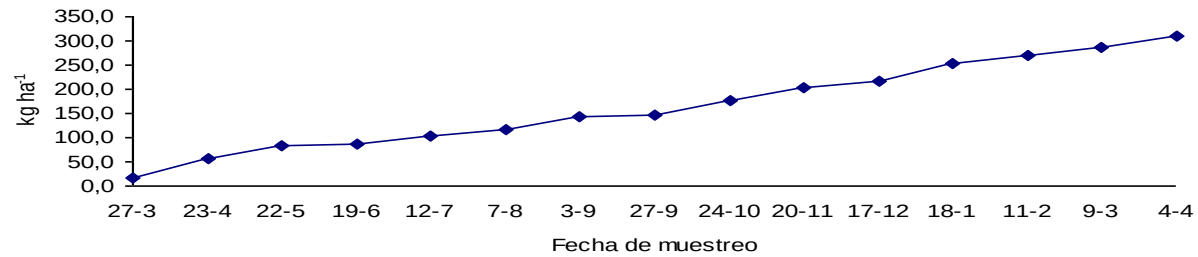


TOLEDO

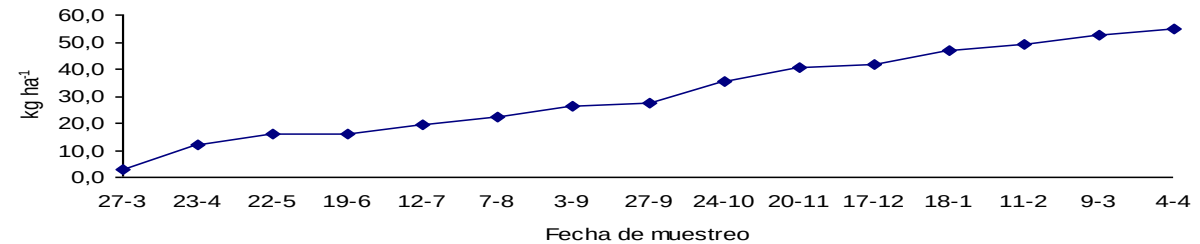
Consumo acumulado de materia seca



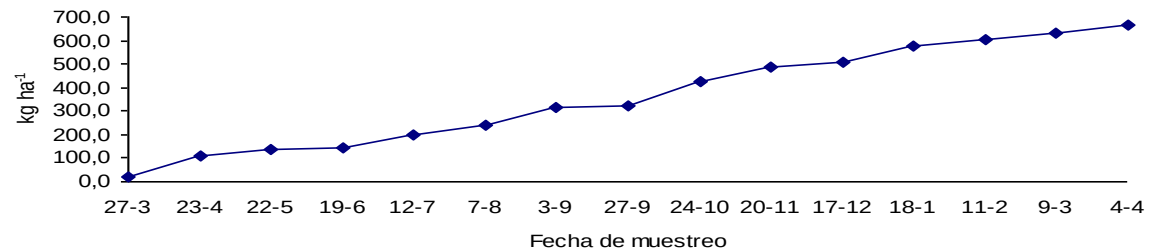
Consumo acumulado de Nitrógeno



Consumo acumulado de Fósforo



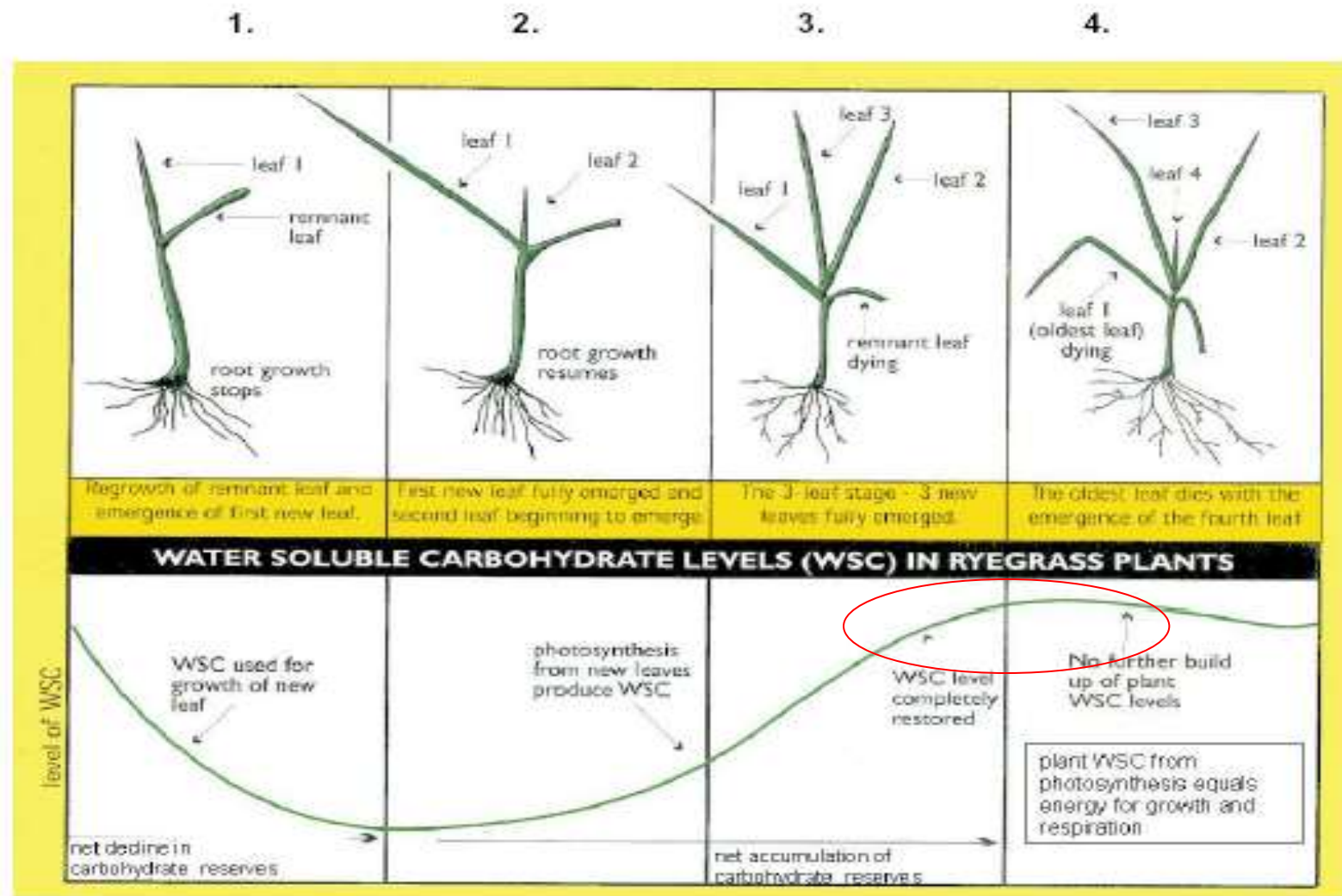
Consumo acumulado de Potasio



Extracción total durante el año

	Absorción kg/ha							Absorción g/ha		Mn	B
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn		
Toledo	309	55	85	78	663	28	350	28	101	276	11
Estrella	303	45	61	25	406	39	219	26	90	135	7
Kikuyo	305	42	40	35	508	29	889	15	52	91	6

Fisiología de la planta entre ciclos de pastoreo



DESARROLLO FENOLÓGICO DE LA PASTURA

- ▶ Permite establecer el ciclo de producción o rotación de pastos mediante el conteo de hojas que es propio de cada especie forrajera.
- ▶ Número de hojas a que se debe pastorear:
 - Ryegrass: 3 hojas
 - Kikuyo: 5 hojas
 - Estrella africana: 8 hojas



Análisis visual

Requiere experiencia

- Conocer el síntoma de deficiencia
- Comparación de color entre plantas sanas y afectadas

DEFICIENCIA DE NITRÓGENO EN PASTO TANZANIA, SAN CARLOS



DEFICIENCIA DE FÓSFORO EN PASTOS



Aspectos a considerar en la fertilización de pastos

- ✓ Análisis anual de suelos. Disponibilidad de nutrimentos.
- ✓ Corrección de la acidez intercambiable, saturación de acidez y balance de bases cambiables.
- ✓ Producción de materia seca y extracción de elementos
- ✓ Fertilización: cantidad, fuente y época

Ambitos de eficiencia de fertilización para los nutrimentos principales en los órdenes de suelos más importantes

	-----%-----			
	Vertisol	Andisol	Ultisol/Alfisol	Inceptisol
N	50-60	55-65	50-55	50-70
P	45-60	30-35	35-40	40-50
K	60-65	70-80	60-70	60-80

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

Ámbitos para niveles de aplicación de los diferentes nutrimentos en el establecimiento de especies forrajeras

Elemento	Dosis de aplicación
Nitrógeno	25 – 50
Fósforo	20 – 50 como P_2O_5
Potasio	20 – 50 como K_2O
Calcio	100 – 200 como Ca^{++} (200 – 500 kg de cal)
Magnesio	10 – 20 como Mg^{++}
Azufre	10 – 20 como S
Zinc	3 cuando su nivel está entre 0,5 – 1,0 mg/L
Cobre	2 cuando su nivel está entre 0,1 – 0,4 mg/L
Boro	1 cuando su nivel está entre 0,3 – 0,5 mg/L



Aspectos a considerar en la fertilización del pasto kikuyo

Extracción de nutrimentos del pasto kikuyo (15 t de MS/ha/año)

Nutrimento	% o mg/kg de MS	Extracción
N	3,42, %	513 Kg
P	0,34	51
Ca	0,35	53
Mg	0,30	45
K	3,5	525
S	0,25	37,5
Fe	380, mg/kg	5,7
Cu	15	0,23
Zn	30	0,45
Mn	90	1,35
B	5	0,08

Programa de fertilización del kikuyo

kg de nutriente/ ha/ aplicación

(15 t de MS consumida/ ha/año)

Mes	Kg/ha	Kg de nutriente/ha/año							
		N	P2O5	K2O	MgO	B	CaO	S	Zn
Enero	135	21,6		8,1	6,8	0,15	13,5	8,1	0,3
Febrero	135	29,1			9,5		14,9		
Marzo	135	21,6		8,1	6,8	0,15	13,5	8,1	0,3
Abril	135	45,4							
Mayo		Enmienda							
Junio	135	62,1							
Julio	135	29,1			9,5		14,9		
Agosto	135	21,6		8,1	6,8	0,15	13,5	8,1	0,3
Setiem.	135	54,0						7,5	
Octubre	135	24,3	62,1						
Noviem.	135	54,0						7,5	
Diciem.	135	61,5							
Total	1485	424	62,1	24,3	39,2	0,45	70,2	39,3	0,9

Absorción foliar de nutrimentos

Depende de:

- Concentración del producto
- Ión acompañante ($\text{MgCl}_2 >> \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 > \text{MgSO}_4$)
- Nutrimiento(s) involucrado(s)
- Valencia del producto
- Tecnología de aplicación
- Factores ambientales (Temp., H.Relativa, Precipitación, Viento)

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



Cantidad de elementos adicionados anualmente

- 8 aplicaciones anuales de 20 m³ de purín/ha con un 2% de materia seca adicionan al suelo:
 - » 96 kg de N/ha
 - » 40 kg de P/ha (92 kg de P₂O₅/ha)
 - » 64 kg de Ca/ha (90 kg de CaO/ha)
 - » 24 kg de Mg/ha (40 kg de MgO/ha)
 - » 24 kg de K/ha (29 kg de K₂O/ha)
 - » 16 kg/ha de S

Sitio de colecta y fecha	ANÁLISIS	ppm													
		B	Cu	P	K	Fe	Al	Si	Zn	Mn	Na	Mg	Ca	S	
Cráter ENE2010	TOTAL (HNO3+HF)	24	96	987	5.412	15.130	3.788	172.301	27	151	6.629	80	1.108	665	
Cráter MAR2015	TOTAL (HNO3+HF)	20	82	943	4.427	16.783	4.797	145.472	30	203	6.754	216	2.547	8.506	
Cráter ABR2015	TOTAL (HNO3+HF)	18	79	880	4.231	15.810	4.716	129.350	25	141	5.386	166	1.749	14.134	
Cráter 1MAY2016	TOTAL (HNO3+HF)	18	74	794	3.642	14.846	5.469	109.606	19	78	4.901	106	1.832	26.416	
Cráter 11MAY2016	TOTAL (HNO3+HF)	18	81	887	4.615	15.659	4.788	125.572	24	108	6.015	77	924	20.882	
MAX TOTAL CRÁTER		24	96	1.000	5.400	16.785	5.500	172.300	321	203	6.750	3.600	24.400	32.700	
MIN TOTAL CRÁTER		18	64	800	3.650	14.850	3.800	110.000	19	78	4.900			665	
Sitio de colecta y fecha	ANÁLISIS	ppm													
		B	Cu	P	K	Fe	Al	Si	Zn	Mn	Na	Mg	Ca	S	
Cráter ENE2010	SOL EN AGUA	ND	ND	ND	6	5	20	ND	ND	ND	61	11	355	369	
Cráter MAR2015	SOL EN AGUA	ND	ND	ND	25	13	73	ND	ND	17	313	571	4.899	4.784	
Cráter ABR2015	SOL EN AGUA	ND	3	ND	2	9	278	ND	ND	41	410	1.087	6.255	7.411	
Cráter 1MAY2016	SOL EN AGUA	ND	13	ND	1	867	538	ND	14	76	55	1.694	16.374	16.725	
Cráter 11MAY2016	SOL EN AGUA	ND	5	ND	4	443	256	ND	12	95	518	1.756	6.359	9.001	
MIN SOL AGUA CRÁTER		ND	13	ND	25	870	550	ND	176	95	520	1.750	16.400	16.725	
MAX SOL AGUA CRÁTER		ND	ND	ND	1	5	20	ND	ND	ND	55	11	355	369	

Sitio de colecta y fecha	ANÁLISIS	ppm												
		B	Cu	P	K	Fe	Al	Si	Zn	Mn	Na	Mg	Ca	S
V. Turrialba MAY2016	TOTAL (HNO3+HF)	27	104	1.243	7.533	22.019	16.229	215.763	40	261	8.124	3.493	11.665	20.400
Convento MAY2016	TOTAL (HNO3+HF)	24	80	976	4.691	18.053	26.803	137.504	30	136	4.719	4.230	26.211	32.487
Pacayas MAY2016	TOTAL (HNO3+HF)	23	78	928	4.742	17.761	21.502	136.816	38	122	4.618	3.803	25.604	30.871
Tierra Blanca MAY2016	TOTAL (HNO3+HF)	37	119	1.340	7.141	27.583	28.058	212.577	41	183	6.732	4.061	24.193	30.823
Llano Grande MAY2016	TOTAL (HNO3+HF)	31	110	1.186	6.432	24.160	23.893	202.366	37	175	6.657	3.579	22.602	40.090
Coronado MAY2016	TOTAL (HNO3+HF)	16	78	889	4.771	14.885	4.059	127.247	137	106	5.710	3.600	24.400	32.700
MAX TOTAL CENIZAS		37	119	1.340	7.500	24.000	28.000	216.000	137	261	8.100	4.200	26.200	40.000
MIN TOTAL CENIZAS		16	78	890	4.700	15.000	16.000	127.000	30	106	4.600	3.500	17.700	20.000
% de solubilidad máxima de cenizas		0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	18%	44%	13%	30%	34%	24%
Sitio de colecta y fecha	ANÁLISIS	ppm												
		B	Cu	P	K	Fe	Al	Si	Zn	Mn	Na	Mg	Ca	S
V. Turrialba MAY2016	SOL EN AGUA	ND	ND	ND	22	60	168	ND	2	18	103	137	3.997	4.319
Convento MAY2016	SOL EN AGUA	ND	ND	ND	10	ND	88	ND	5	50	541	1.097	6.986	6.938
Pacayas MAY2016	SOL EN AGUA	ND	ND	ND	18	ND	85	ND	27	45	604	1.114	6.835	7.378
Tierra Blanca MAY2016	SOL EN AGUA	ND	ND	ND	18	ND	88	ND	5	48	687	1.071	6.397	7.101
Llano Grande MAY2016	SOL EN AGUA	ND	ND	ND	18	6	129	ND	6	57	581	1.066	6.771	7.771
Coronado MAY2016	SOL EN AGUA	ND	ND	ND	67	8	54	ND	176	48	492	1.234	4.643	5.952
MAX SOL AGUA CENIZAS		ND	13	ND	25	60	280	ND	27	57	690	1.750	7.000	9.000
MIN SOL AGUA CENIZAS		ND	ND	ND	1	ND	85	ND	ND	ND	100	1.000	4.000	4.400
% de solubilidad máxima de cenizas		0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	18%	44%	13%	30%	34%	24%

FIN

MUCHAS GRACIAS



Dr. Rafael E. Salas Camacho

rafael.salas@ucr.ac.cr