

INTERSEDES
REVISTA ELECTRÓNICA DE LAS SEDES REGIONALES
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



Estampa santacruceña

**Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico
para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica**

Roberto Cerdas

WWW.INTERSEDES.UCR.AC.CR
VOL. XII, N°24 (2011)
ISSN 2215-2458

**CONSEJO EDITORIAL REVISTA INTERSEDES
DIRECTOR DE LA REVISTA:
DR. EDGAR SOLANO MUÑOZ. SEDE DE GUANACASTE**

Consejo Editorial:

**M.Sc. Jorge Bartels Villanueva. Sede del Pacífico
M.Sc. Oriester Abarca. Sede del Pacífico
Lic. Luis E. Mora Alfaro. Sede Atlántico
M.Ph. Jimmy Washburn. Sede Atlántico
M.L. Mainor González Calvo. Sede Guanacaste
Dr. Henry Vargas Benavides. Sede Occidente
MSc. Liz Brenes Cambronero. Sede Occidente
Ing. Ivonne Lepe Jorquera. MBA. Sede Limón**

Editor Técnico:

Bach. David Alonso Chavarría Gutiérrez. Sede Guanacaste

Asistente:

Guadalupe Ajum. Sede Guanacaste

Consejo Científico Internacional

Dr. Raúl Fornet-Betancourt. Universidad de Bremen, Alemania.

Dra. Pilar J. García Saura. Universidad de Murcia.

Dr. Werner Mackenbach. Universidad de Potsdam, Alemania. Universidad de Costa Rica.

Dra. Gabriela Marín Raventós. Universidad de Costa Rica.

Dr. Mario A. Nájera. Universidad de Guadalajara, México.

Dr. Xulio Pardelles De Blas. Universidad de Vigo, España.

M.Sc. Juan Manuel Villasuso. Universidad de Costa Rica.

Indexación: Latindex / Redalyc

Licencia de Creative Commons

Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica, todos los derechos reservados.

Intersedes por intersedes.ucr.ac.cr está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica License.



**Programa de fertilización de forrajes.
Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de
ganadería de Guanacaste, Costa Rica**

*Forages fertilization program.
Developing a practical module for technician and livestock students of
Guanacaste, Costa Rica*

Roberto Cerdas¹

Recibido: 13.02.12

Aprobado: 20.03.12

Resumen: Este módulo es un producto del proyecto de investigación “Control de malezas y recuperación de potreros en Guanacaste” y pretende aportar herramientas prácticas a los técnicos y estudiantes de los cursos de producción animal de Guanacaste, para la elaboración de programas de fertilización y manejo sostenibles de potreros.

Los pastos presentan una excelente respuesta en la producción de forraje a la fertilización, la cual llena las necesidades nutricionales de las plantas y repone y corrige deficiencias de nutrimentos del suelo, pero el objetivo principal de dicha enmienda debe ser el aumentar la disponibilidad de forraje de buena calidad para los animales, al incrementar la producción animal por área; de no ser así, los beneficios para la producción animal son pocos.

Otro aspecto importante por considerar, cuando se fertilizan pastos, es el costo de la aplicación y el beneficio que produce. En las fincas de Guanacaste, se han dejado de fertilizar los potreros debido a los altos costos y solo se pueden aplicar fertilizantes a las áreas de uso intensivo y a los forrajes de cortes, para ofrecer forraje fresco, ensilado o henificado.

Palabras clave: fertilización, forrajes, pastos tropicales, suelos, reciclado de nutrientes.

Abstract: This fertilization model was developed through the investigation project: “Weed Control and Pasture Recovery in Guanacaste” as a practical tool for technicians and university students in the animal production course at the University of Costa Rica, in Guanacaste to elaborate fertilization programs and sustainable management of pasture fields.

Pasture crops have a high forage yield to amount of fertilizer applied and assist in both recovering and correcting soil nutrient deficiencies. Nonetheless, the objective for livestock

¹ Docente e investigador de la Universidad de Costa Rica. Sede Guanacaste. Email: rcerdasucr@hotmail.com

production is maximizing animal production per unit area of land by optimizing the availability of high-quality forage. If this is not the case, livestock production profits are reduced.

Another important aspect to consider when fertilizing pastures is the cost-benefit ratio. Fertilization of open grassland in Guanacaste has subsided almost entirely due to high cost. Presently, fertilization is done on land intensive farming and for forage crops that are cut and used fresh, as silage or as hay.

Key words: fertilization, forage crops, tropical pastures, soil, nutrient recycling.

Módulo sobre programa de fertilización de forrajes

Introducción

En el manejo de forrajes tropicales existen muchos factores que se deben tomar en cuenta para lograr una alta eficiencia en la utilización del pasto producido y la máxima producción animal por unidad de superficie. Esta productividad debe garantizar una alta calidad y persistencia de la pastura en el tiempo, y sólo se puede obtener con el conocimiento profundo de los aspectos externos e internos de la planta forrajera (morfología y fisiología).

El pasto es un panel solar que, mediante la fotosíntesis, produce carbohidratos que permiten el crecimiento de hojas y rebrotes. Estos carbohidratos se almacenan en la base de los tallos, las raíces, los rizomas y los estolones. Algunos de ellos son consumidos durante el pastoreo y mantienen el pasto vivo durante los períodos de estrés. Pero los forrajes prefieren producir las hojas nuevas con los carbohidratos elaborados por las hojas viejas, en lugar de remover los que están almacenados (Brink, 2006).

Es importante dejar un residuo adecuado de pasto en el potrero, luego de cada pastoreo, que garantice la acumulación de reservas. Este residuo varía dependiendo de la morfología de la especie. Para fertilizar, se debe esperar que el residuo tenga por lo menos 10 centímetros de altura.

Una de las prácticas de manejo que ayuda a obtener los objetivos anteriores es la fertilización de potreros, con el fin de llenar las necesidades nutricionales de las plantas y reponer y corregir deficiencias de nutrientes del suelo. Pero debido a los altos costos actuales de los fertilizantes, esta práctica se ha dejado de realizar en toda la finca y solo se puede aplicar en las zonas de uso intensivo y en los forrajes de corte.

Entre los beneficios de fertilizar forrajes se pueden observar un incremento en el contenido de nitrógeno (proteína), digestibilidad, altura de la planta, densidad, relación hoja-tallo y mayor producción de biomasa. Además, se obtiene un ligero incremento en el consumo (Guerrero, 1993) y en la producción de carne y leche, por lo que si se fertiliza y no se aumenta la carga animal para

aprovechar la biomasa producida, los beneficios económicos de esta práctica son pocos en la producción de carne y leche.

Los fertilizantes solo se deben suplir cuando el suelo tenga suficiente humedad en la época lluviosa y la planta se encuentre en crecimiento activo y los pastos se diferencian de otras plantas, porque casi siempre se encuentran en crecimiento debido a su adaptación al continuo consumo por el animal. Sólo durante la floración este crecimiento se detiene. En Guanacaste, las lluvias están distribuidas en tres períodos: mayo-junio, agosto-setiembre y octubre-noviembre (Instituto Meteorológico Nacional, 2011).

Este módulo es un producto del proyecto de investigación “Control de malezas y recuperación de potreros en Guanacaste” (Vallejos y Cerdas, 2010) y pretende aportar herramientas prácticas a los técnicos y estudiantes de los cursos de producción animal de la Sede de Guanacaste, para la elaboración de programas de fertilización de forrajes.

Bases para el programa de fertilización de forrajes

Factores del suelo: incluyen el contenido de elementos esenciales en forma aprovechable (fertilidad), la reacción del suelo (pH), la textura y la estructura del suelo, por lo que se espera una mayor respuesta en aquellos suelos bajos en nutrientes. El pH afecta la disponibilidad de algunos nutrientes, como el fósforo, situación que se resuelve en parte con el encalado que elimina la toxicidad de aluminio y manganeso y promueve la actividad microbiana, lo que facilita la fijación simbiótica de nitrógeno por las leguminosas. Es importante tomar en cuenta el aporte de nutrientes que los animales reciclan al suelo a través de la orina y las heces, durante el pastoreo.

Es fundamental mantener un balance entre los nutrientes removidos del pastizal y los aplicados al suelo para mantener la productividad del potrero, así como para controlar las pérdidas de nutrientes del sistema y la contaminación de acuíferos. El Cuadro 1 muestra una guía para la evaluación de la salud y sostenibilidad de suelos forrajeros. Salud del suelo se refiere a la habilidad del suelo de funcionar como un ambiente productivo óptimo para el crecimiento de las plantas forrajeras (Bellows, 2001).

Cuadro 1. Guía para la evaluación de la salud y sostenibilidad de suelos forrajeros.

(adaptado de Bellows 2001, Sullivan y Sharp 2010)

<i>Indicador</i>	BUENO	MEDIO	POBRE
Cobertura del pasto	Potreros totalmente cubiertos de forraje con material senescente visible.	Algunos parches sin vegetación, parches pequeños cerca de áreas de drenaje.	Parches grandes sin vegetación, especialmente en abrevaderos y áreas con sombra.
Composición botánica.	Gran diversidad de plantas, que incluye arvenses, pastos y leguminosas con diferentes hábitos de crecimiento.	Limitado número de especies y hábitos de crecimiento. Algunas especies invasoras se presentan.	Menos de tres especies diferentes o plantas invasoras conforman la mayoría del pastizal.
Desarrollo de raíces	Abundantes raíces verticales y horizontales, rizomas y estolones.	Más raíces horizontales que verticales.	Pocas raíces, casi solo horizontales.
Macroorganismos del suelo	Muchos escarabajos del estiércol y lombrices presentes.	Pocos escarabajos y lombrices en el suelo.	Ningún escarabajo o lombrices presentes.
Compactación del suelo	Varilla de metal o medidor de compactación penetra fácilmente el suelo.	Varilla de metal penetra con dificultad y encuentra áreas duras dentro del suelo.	Varilla de metal no penetra el suelo.
Erosión	No se observan cárcavas, el agua que sale del potrero es clara.	Se observan pequeñas escorrentías, sale del potrero agua con poco lodo.	Cárcavas presentes y sale del potrero agua con mucho lodo.
Estructura del suelo	Mantiene la estabilidad de los agregados luego de cambios bruscos de humedad y bajo lluvia intensa.	El suelo se rompe y separa con lluvia moderada.	El suelo se rompe y separa luego de un minuto en agua.
Infiltración del agua	El agua se absorbe durante lluvia moderada, poca escorrentía o charcos de agua en la superficie del suelo.	Algo de escorrentía con lluvia moderada y varios charcos sobre el suelo.	Fuerte escorrentía durante lluvia moderada y muchos charcos sobre la superficie del suelo.

Factores climáticos: se refieren a la temperatura, la evapotranspiración, la radiación solar, las lluvias y a la distribución de estas últimas, las cuales pueden incrementar las necesidades de fertilizantes o disminuir la fotosíntesis en pastos tropicales.

Debido a la relativa uniformidad de la temperatura y a la poca variación del fotoperiodo, la distribución de las lluvias constituye el criterio principal para clasificar climas tropicales. En el trópico las estaciones se determinan por la presencia o ausencia de lluvias y no por las temperaturas

calientes o frías. En muchos sitios se utiliza el término verano como sinónimo de estación seca y de invierno como sinónimo de estación lluviosa (Bernal y Espinosa, 2003).

Factores del pasto: los pastos tienen diferente absorción efectiva de nutrientes de acuerdo con la especie y una capacidad específica para extraer elementos esenciales del suelo, que tiene que ver con el desarrollo radicular y las relaciones simbióticas. Las gramíneas tienen una especial afinidad con el nitrógeno, mientras que las leguminosas prefieren el fósforo, potasio, calcio y magnesio. Sin embargo, con niveles bajos de fósforo y potasio, las gramíneas no responden bien a la aplicación de nitrógeno.

Los pastos presentan una excelente respuesta, en producción de fitomasa, a la fertilización en Guanacaste y el objetivo principal de dicha práctica debe ser el aumentar la disponibilidad de forraje de buena calidad para los animales, al incrementar la producción animal por área (Cerdas, 2010). Algunos resultados de esta región se observan en el Cuadro 2, al fertilizar pastos Camerún y Guinea (Cerdas y Vallejos, 2010 y Cerdas y Vallejos, 2011).

También, la fertilización foliar se está convirtiendo en una práctica atractiva y barata para los productores porque, integrada a otras prácticas agronómicas, se orienta a la corrección de las deficiencias nutricionales, pues favorece el desarrollo de los pastos y mejora el rendimiento y la calidad del forraje. Si bien no sustituye a la fertilización tradicional, representa un respaldo para optimizar y satisfacer los requerimientos de nutrientes de un forrajes que no pueden abastecerse mediante la fertilización del suelo (Marín y Monticos, 2005).

Factores del animal: el pisoteo de los animales sobre el suelo produce alteraciones en la densidad aparente, en el tamaño de poros y la capilaridad. El principal síntoma de daño en la superficie del suelo es la baja infiltración de agua por aumento de la densidad. Las especies vegetales tienen distinta resistencia al pisoteo. Aquellas que tengan estolones, rizomas y cuyo hábito de crecimiento sea más bien rastrero, son en general las más resistentes. El daño por pisoteo se traduce en lesiones mecánicas, como magullamiento de tallos, coronas, destrucción de hojas, heridas en raíces superficiales, estolones y ápices de crecimiento (Beguet y Bavera, 2001).

Cuadro 2. Producción de fitomasa seca de varios pastos en Guanacaste

Forrajes	Dosis	Santa Cruz	Liberia	
	<i>Nitrógeno</i> <i>kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>	<i>Fitomasa seca</i> <i>kg.ha⁻¹</i>		
Camerún	0	5935 d	8557 d	
	150	9838 c	11485 c	
	<i>Pennisetum</i>	300	12291 b	12725 b
	<i>purpureum</i>	450	14434 a	13723 a
Guinea	0	1538 d		
Tanzania	100	4292 c		
	200	5878 b		
	<i>Megathyrus</i>	300	6600 a	
<i>maximus</i>				

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p < 0,05$ LSD Fisher.

El aporte de N proveniente del reciclado que realizan los animales puede ser importante en suelos de baja fertilidad. En suelos con mejor provisión de N, y aún con dosis reducidas de fertilizante nitrogenado, se pueden subestimar las respuestas al agregado de N si no se considera el aporte vía deyecciones (heces y orina). Asimismo, en pastizales en donde se aplican altas dosis de N, serían esperables daños por quemado. La reducida eficiencia de retención de N por parte de los animales, determina que gran parte del N acumulado en las plantas forrajeras vuelva al suelo vía reciclado por orina y heces, lo cual provoca daño en las plantas y una disminución en la productividad forrajera (Lantinga, Deben y Van Keulen, 1999). El ganado recicla a los potreros entre el 75% y 85% de los nutrientes consumidos con el pasto; desafortunadamente, los animales no distribuyen uniformemente las excretas por todo el potrero, prefieren depositarlas en las áreas de mayor congregación, como son los comederos, abrevaderos y lugares sombreados (Wilkinson, 1973).

Una menor eficiencia en sistemas bajo pastoreo rotativo posee un efecto ambiental potencialmente negativo, debido a que el N acumulado en el perfil del suelo queda expuesto a eventuales procesos de pérdida fuera del sistema que podrían ocasionar problemas de contaminación de acuíferos y otras fuentes de agua.

Por ejemplo, solo una vaca de 400 kilogramos produce 28 kg de heces por día, lo que significa 10 toneladas por año y 10 litros de orina por día (950 galones por año). Lo anterior pone a disposición del pasto 60 kg de nitrógeno, 5 kg de fósforo y 45 kg de potasio por vaca por año, luego de las pérdidas por volatilización y lavado, especialmente en los sistemas rotacionales de potreros. El Cuadro 3 aporta datos adicionales sobre el reciclado de nutrientes de los rumiantes a los potreros.

Cuadro 3. Consumo y excreción de nutrientes de los rumiantes en pastoreo

(adaptado de Beetz 2002, Bellows 2001, Detling 1988, Klausner 1995, Russelle 1992, Wells y Dougherty 1997)

Especie de rumiante	Vacas Lecheras	Ganado de Carne / Ovejas
Alimento consumido por día	10-18 kg MS	8-11 kg MS / 1.5-2.5 kg MS
Nutrientes utilizados para crecimiento y reproducción	17% N 26% P	15-25% N 20% P, 15% K
Nutrientes removidos de los potreros como leche y carne	N 38 kg por vaca P 7 kg por vaca K 10 kg por vaca	N 4.5 kg por vaca-ternero P 1.4 kg por vaca-ternero K 0.5 kg por vaca-ternero
Nutrientes por tonelada de boñiga	3-8 kg de N 1.4-5.5 kg de P ₂ O ₅ 1-7 kg de K ₂ O	
Nitrógeno contenido en las heces	2.0-3.6%	3.4-3.6%
Nitrógeno excretado en las heces	25 kg por año	
Nitrógeno contenido en la orina	0.42-2.16%	0.30-1.37%
Nitrógeno excretado en la orina	75 kg por año	

Pasos para la elaboración del programa de fertilización de forrajes

Lo más importante por determinar en un programa de fertilización es la cantidad de fertilizante por aplicar, la fuente del fertilizante, la frecuencia de aplicación, la época del año y el método de aplicación.

Paso 1: Análisis de suelo y foliar

Con el análisis de suelos se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los pastos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos.

El análisis de suelo permite determinar el grado de fertilidad del suelo. La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, aunque un suelo fértil no necesariamente es productivo, debido a que existen otros factores de tipo físico como mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad, etc, que pueden limitar la producción, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas (Molina, 2007).

El análisis de suelos cumple con dos funciones básicas: indica los niveles nutricionales en el suelo y, por lo tanto, es útil para desarrollar un programa de fertilización y, además, sirve para

monitorear en forma regular los cambios en la fertilidad del suelo que ocurren como consecuencia de la explotación agrícola y los efectos residuales de la aplicación de fertilizantes (Molina, 2007).

Para el programa de fertilización, se debe realizar un muestreo del suelo del potrero y, si es posible, otro foliar completo. El muestreo del suelo se debe hacer en lotes de 10 hectáreas y con 20 sub-muestras por lote, a una profundidad entre 10 y 15 centímetros para pastos tropicales y se selecciona una muestra de 0.5 kg para enviar al laboratorio en una bolsa plástica. Lo anterior se debe realizar después de cada ciclo de pastoreo, cuando los animales han salido del aparto y cada 3 o 4 años (Ramírez, 1998).

La interpretación de los análisis de suelos se hace utilizando tablas de fertilidad que contienen los valores de referencia de los nutrientes con base en el concepto de nivel crítico. El diseño de estas tablas se realiza con información derivada de investigaciones de invernadero y campo en calibración y correlación de análisis de suelos, y con la experiencia acumulada por laboratorios y especialistas en el tema, la mayoría vinculados al sector público y a las universidades (Molina, 2007). Estas tablas usualmente clasifican los contenidos de nutrientes en varias categorías: bajo o deficiente, medio o suficiente, óptimo o adecuado y alto o excesivo (ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Tabla para la interpretación de análisis de suelos (Molina y Meléndez, 2002)

	Bajo	Medio	Óptimo	Alto
pH	< 5	5-6	6-7	>7
Ca $cmol.L^{-1}$	< 4	4-6	6-15	>15
Mg $cmol.L^{-1}$	<1	1-3	3-6	>6
K $cmol.L^{-1}$	< 0.2	0.2-0.5	0.5-0.8	>0.8
Acidez $cmol.L^{-1}$		0.3-1	< 0.3	>1
Sat. acidez %		10-30	< 10	>30
P $mg.L^{-1}$	<12	12-20	20-50	>50
Fe $mg.L^{-1}$	< 5	5-10	10-50	>50
Cu $mg.L^{-1}$	< 0.5	0.5-1	1-20	>20
Zn $mg.L^{-1}$	< 2	2-3	3-10	>10
Mn $mg.L^{-1}$	< 5	5-10	10-50	>50
B $mg.L^{-1}$	< 0.2	0.2-0.5	0.5-1	>1
S $mg.L^{-1}$	< 12	12-20	20-50	>50
MO %	< 2	2-5	5-10	>10
Relaciones catiónicas	Ca/Mg 2-5	Ca/K 5-25	Mg/K 2.5-15	Ca+Mg/K 10-40

Es recomendable realizar el muestreo foliar junto con el de suelos, y considerar los siguientes factores para lograr una homogeneidad en los lotes: a) topografía del terreno (pendiente, plano, ondulado) y uniformidad b) presencia de caminos del ganado, ríos, etc. c) especie utilizada y edad

de corte d) manejo particular del forraje (riego, aplicación de estiércol, etc.). El área de cada lote depende de la uniformidad del terreno y del grado de detalle con que se quiera realizar la evaluación (menos de 2 ha o de 2 a 5 ha). Importante es que el muestreo sea representativo de todo el lote, por lo que la muestra debe ser compuesta, la cual se compone de varias sub-muestras tomadas al azar y en zig-zag, de manera sistemática, para cubrir el área de muestreo. El número de sub-muestras debe ser de 15 como mínimo para disminuir la variabilidad (se recomienda 20). La muestra foliar se realiza cerca de la sub-muestra de suelo, tomando un manojito de pasto y recortándolo con una tijera. Esto se realiza según el número de sub-muestras que se determine (Cabalceta, 1999). Botero (1999) aporta en el Cuadro 5, una guía para interpretar análisis foliares de forrajes.

Cuadro 5. Guía para la interpretación de análisis foliares de forrajes (Botero, 1999)

	<i>Crítico</i>	<i>Deseable</i>	<i>Máximo</i>	<i>Tóxico</i>
%				
<i>Nitrógeno</i>	< 1.12	1.34-1.52		
<i>Fósforo</i>	< 0.18	0.19-0.22		
<i>Potasio</i>	< 0.50	0.60-1.00	3.0	> 3.0
<i>Calcio</i>	< 0.18	0.28-0.37	2.0	> 2.0
<i>Magnesio</i>	< 0.05	0.05-0.20	0.4	> 0.4
<i>Azufre</i>	< 0.06	0.08-0.15	0.4	> 0.4
mg.kg⁻¹				
<i>Boro</i>	< 4.00	4.0-8.0	12.0	> 12
<i>Cobre</i>	< 4.00	4.0-10.0	115.0	> 115
<i>Hierro</i>	< 20.00	50.0-100.0	1000.0	> 1000
<i>Manganeso</i>	< 10.00	20.0-50.0	1000.0	> 1000
<i>Zinc</i>	< 18.00	20.0-40.0	500.0	> 500

Los forrajes tropicales toleran una alta saturación de acidez, producto de su adaptación a suelos ácidos; sin embargo, cuando los niveles de acidez extraíble superen los 0.30 cmol(+) L⁻¹ (Molina, 2007), se debe encalar para mejorar las condiciones del suelo, incorporando la cal 60 días antes de la siembra.

Los beneficios de dicha enmienda son reconocidos sobre la absorción de calcio y fósforo. La cal corrige la toxicidad de aluminio, mejora el desarrollo radicular, la fijación biológica de nitrógeno, las propiedades físicas del suelo, incrementa la producción de cultivos y materia orgánica depositada y mejora la exploración del suelo por las raíces al aumentar la eficiencia de los fertilizantes.

	7.5	86	31	125
<i>Transvala</i>	18.0	207	74	299
	29.0	334	120	481
	6.7	79	27	114
<i>Guinea</i>	16.5	195	67	288
	28.0	332	113	488
	11.2	133	42	199
<i>Pará</i>	21.4	254	80	380
	29.0	344	109	515
	8.0	88	42	175
<i>Gigante</i>	17.0	186	90	371
	31.0	339	164	677

Paso 3: Fuentes de fertilizantes

Una de las fuentes de nitrógeno más utilizada en forrajes tropicales es el nitrato de amonio (Nutrán) con 33.5 % de nitrógeno y la mitad de este porcentaje como amonio y la otra como nitrato, lo que produce poca acidez y se utiliza para la siembra, las épocas de transición, el corte y el pastoreo. La fuente de fósforo y potasio más usada en forrajes en Guanacaste es el 10-30-10 por la disponibilidad en el mercado.

Con los análisis, se calculan las necesidades de nutrimentos utilizando fertilizantes químicos, orgánicos, foliares y se puede estimar el reciclaje si los animales están en pastoreo intensivo. El ajuste de las cantidades debe hacerse con base en los elementos (base elemental) y conocerse los factores de conversión (ver Cuadro 7).

Los nutrientes tienen diferentes eficiencias de utilización, así, el nitrógeno tiene una eficiencia entre 20 a 70%, el fósforo entre 5 y 30%, potasio de 30 a 70% y los elementos calcio, magnesio y azufre de 90%.

Cuadro 7. Factores de conversión de nutrientes a compuestos (Bernal y Espinosa, 2003)

<i>De</i>	<i>Factor</i>	<i>A</i>	<i>De</i>	<i>Factor</i>	<i>A</i>
NO ₃	0.226	N	KCl	0.632	K ₂ O
NH ₃	0.820	N	CaO	0.715	Ca
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.212	N	CaCO ₃	0.560	CaO
NH ₄ NO ₃	0.350	N	MgO	0.603	Mg
P ₂ O ₅	0.436	P	MgSO ₄	0.395	MgO

P	2.291	P ₂ O ₅	SO ₂	0.500	S
K ₂ O	0.830	K	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.250	S

Cuando se manejan fuentes con más de un nutriente, la cantidad por utilizar la determina el elemento de mayor demanda. Los análisis de suelos y foliares son una guía para el ajuste del balance de nutrientes. Asimismo, se deben considerar aspectos económicos, biológicos, productivos, climáticos y densidad aparente para la recomendación de fertilizantes. El Cuadro 8 indica algunas fuentes de fertilizantes.

Cuadro 8. Fertilizantes y abonos para forrajes (adaptado de Cabalceta, 1999)

<i>Fertilizante</i>	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	<i>MgO</i>	<i>Ca</i>	<i>S</i>
	----- % -----					
Urea	46.0					
Nutrán	33.5					
Sulfato de amonio	21.0					23.7
Fosfato diamónico, DAP	16-21	48-53				
Fosfato monoamónico, MAP	11	48				
Triple superfosfato		46			13	
Roca fosfórica		30-36			33	
10-30-10	10	30	10			
12-24-12	12	24	12			
Superfosfato sencillo		20			20	12
Cloruro de potasio			60			
Sulfato de potasio			50			17
Carbonato de calcio					31	
Sulfato de magnesio				17		14
Pollinaza	3.40	2.90	21.00	0.51		
Gallinaza	2.50	3.95				
Excretas de cerdos, fresca	0.56	0.12	0.30	0.80		
Excretas de cabras, fresca	0.50	0.50	1.00			
Excretas de bovinos, fresca	0.38	0.05	0.20			

El aplicar diferentes fuentes de nitrógeno afecta el rendimiento de los pastos, Cerdas y Vallejos (2011) encontraron diferencias significativas al fertilizar pasto guinea Tanzania con urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio, con producciones de 5586 kg, 4544 kg y 3601 kg.ha⁻¹ de fitomasa seca a los 35 días de corte respectivamente, durante la época lluviosa.

Paso 4: Cantidad, momento, método y costos de aplicación de fertilizantes

Generalmente en Guanacaste la fertilización para el mantenimiento de potreros se hace al voleo, aunque se puede realizar en forma más o menos localizada, como en el caso de los forrajes de corte y las leguminosas arbustivas.

La fertilización con nitrógeno se recomienda realizarla en la época de lluvia, ya que se favorece la incorporación de los nutrientes al suelo, el pasto lo aprovecha mejor y disminuyen las pérdidas. La estación lluviosa consta de dos períodos marcados en Guanacaste: entre mayo y junio y otro durante el segundo semestre del año, que va de agosto a setiembre y de octubre a noviembre. En los sistemas rotativos de producción de forrajes, la aplicación de fertilizantes se debe hacer luego de que los animales salgan del apartado y en todos los apartos, hasta completar la dosis por hectárea.

La cantidad de fertilizante por aplicar es el resultado de varios factores que incluyen el suelo, el pasto y el animal. Pero existen tablas que con el análisis de suelo recomiendan las dosis anuales de nutrientes por utilizar en forrajes tropicales, como la sugerida por Bernal y Espinosa (2003) en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Recomendaciones de N, P y K para forrajeras de clima cálido y medio
Bernal y Espinosa (2003)

<i>GRAMÍNEAS</i>									
<i>FÓSFORO</i> <i>mg L⁻¹</i>	<i>POTASIO cmol(+) L⁻¹</i>								
	<i>Bajo < 0.10</i>			<i>Medio < 0.11-0.20</i>			<i>Alto < 0.20</i>		
	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>

	Aplicar kg ha ⁻¹ año ⁻¹								
Bajo < 5	120	60	60	120	60	30	120	60	0
Medio 6-10	120	30	60	120	30	30	120	30	0
Alto > 10	120	20	60	120	20	30	120	20	0

GRAMÍNEAS + LEGUMINOSAS

FÓSFORO mg L ⁻¹	POTASIO cmol(+) L ⁻¹								
	Bajo < 0.10			Medio < 0.11-0.20			Alto < 0.20		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Aplicar kg ha ⁻¹ año ⁻¹								
Bajo < 5	80	60	60	80	60	30	80	60	0
Medio 6-10	80	30	60	80	30	30	80	30	0
Alto > 10	80	15	60	80	15	30	80	15	0

LEGUMINOSAS

FÓSFORO mg L ⁻¹	POTASIO cmol(+) L ⁻¹								
	Bajo < 0.10			Medio < 0.11-0.20			Alto < 0.20		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Aplicar kg ha ⁻¹ año ⁻¹								
Bajo < 5	20	60	40	20	60	30	20	60	20
Medio 6-10	20	40	40	20	40	30	20	40	20
Alto > 10	20	30	40	20	20	30	20	30	20

Otro aspecto importante por considerar, cuando se fertilizan pastos, es el costo de la aplicación y el beneficio que produce. En las fincas de Guanacaste, se han dejado de fertilizar los potreros debido a los altos costos de los fertilizantes y solo se pueden aplicar a áreas de uso intensivo y en los forrajes de cortes para ofrecer fresco, ensilado o henificado.

Los costos de realizar una práctica de manejo a pastizales es tan importante como la producción de biomasa, a la hora de tomar decisiones en los sistemas de finca. Al aplicar varios fuentes de nitrógeno al pasto Guinea Tanzania, Cerdas y Vallejos (2011) encontraron los siguientes costos: \$0,04 (¢20,0), \$0,06 (¢30,0) y \$0,16 (¢80,0) por kilogramo de fitomasa seca producida cuando la fuente era urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio respectivamente, en Santa Cruz, Guanacaste.

Cálculo y recomendaciones del programa de fertilización

Enunciado y datos para el cálculo

En una finca de engorde semiestabulado (los novillos pastorean de 3:00 pm a 10: 00 am) en Santa Cruz, se desea fertilizar con nitrógeno, fósforo y potasio. La finca tiene 8 hectáreas de pasto *Brachiaria brizantha* y el análisis de suelo indica un contenido de fósforo de 9.37 mg.L⁻¹, de potasio de 0.18 cmol.L⁻¹ y materia orgánica de 3.3%. Mientras, la extracción de fósforo por el pasto *Brizantha* es de 35 kg .ha⁻¹.año⁻¹, de potasio de 200 kg .ha⁻¹.año⁻¹ y de nitrógeno de 194 kg .ha⁻¹

¹.año⁻¹. Todos los datos para los cálculos se exponen en los cuadros siguientes (10, 11,12 y 13). Se dispone del fertilizante Nutrán, 10-30-10 y cloruro de potasio. ¿Cuántos kilogramos o quintales de fertilizantes se deben de aplicar por año a la finca y cuándo?

Cuadro 10. Análisis de suelo de la finca.

H_2O	$cmol(+).L^{-1}$					$mg.L^{-1}$					
pH	%MO	K	Ca	Mg	AcE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	S
6.7	3.3	0.18	26.5	7.84	0.14	9.37	65	20	3.2	35	1.2

Cuadro 11. Extracción de nutrientes del pasto Brizantha.

$kg. ha^{-1}.año^{-1}$					
N	P	K	Ca	Mg	S
194	35	200	140	50	30

Cuadro 12. Eficiencia de utilización de nutrientes por el pasto.

N	P	K	Ca, Mg, S
20-70%	5-30%	30-70%	90%

Cuadro 13. Factores de conversión a kg por ha y de nutrientes a compuestos

Nutriente	$x kg ha^{-1}$		
P	2	P x 2.291	P ₂ O ₅
K	780	K x 1.205	K ₂ O
Mg	240	Mg x 1.658	MgO
Ca	400	Ca x 1.399	CaO
		Ca x 2.490	CaCO ₃
S	2	S x 2.995	SO ₄

Para el cálculo de la disponibilidad del nitrógeno, se debe recordar que el contenido de nitrógeno total de la materia orgánica del suelo es de 5 % aproximadamente, y la mineralización de esta materia orgánica va de 0.5% en climas fríos a 2.0% en cálidos.

CÁLCULO DEL NITRÓGENO

Paso 1

$N_{total} = MO \% \times 0.05 = 3.3 \times 0.05 = 0.165 \% N_{total}$
 el contenido de nitrógeno total de la materia orgánica del suelo es de 5 % aproximadamente.

kg de N en la capa arable:

$$100 \text{ kg} \text{ ----- } 0.165 \% \text{ N total}$$

$$2 \times 10^6 \text{ ----- } X = 3300 \text{ kg N ha}^{-1}$$

la mineralización de la MO del suelo va de 0.5 a 2.0 % de climas fríos a cálidos.

$$3300 \text{ kg} \times 0.02 = 66 \text{ kg N disponible}$$

Paso 2

Necesidad de nutriente:

$$\frac{\text{Ext de Nutr.} - \text{Disp. en suelo}}{\text{Efic. de Util.}}$$

Necesidad de Nitrógeno:

$$\frac{194 \text{ kg} - 66 \text{ kg}}{0.7} = 182.86 \text{ kg N ha}^{-1}\text{año}^{-1}$$

Paso 3

Fuente de Nitrógeno:

Fertilizante Nutrán (Nitrato de amonio) 33.5 % N

$$33.5 \text{ kg} \text{ ----- } 100 \text{ kg}$$

$$182.86 \text{ kg} \text{ ----- } X = \frac{18286}{33.5} = 545.85 \text{ kg Nutrán} \quad \mathbf{11.87} = \mathbf{12 \text{ qq}}$$

Paso 4

Si en Santa Cruz tenemos 6 ciclos de pastoreo en la época lluviosa: Mayo-Junio, Agosto-Setiembre y Octubre-Noviembre por año (para pasto Brizantha, cada 28 días), se dividen los sacos (qq: quintales) necesarios entre 6. De acuerdo con lo anterior, luego de cada pastoreo se debe fertilizar con **2.0 qq de Nutrán por ha (91 kg)**, si hay suficiente humedad en el suelo.

CÁLCULO DEL FÓSFORO

Paso 1

Disponible en el suelo

$$9.37 \text{ mg L}^{-1} \times 2 = 18.74 \text{ kg P ha}^{-1} \quad 18.74 \text{ kg P ha}^{-1} \times 2.291 = 42.93 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

Paso 2

Fósforo extraído

$$35 \text{ kg ha}^{-1} \times 2.291 = 80.19 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}\text{año}^{-1}$$

Necesidad de Fósforo

$$\underline{80.19 \text{ kg} - 42.93 \text{ kg}} = \underline{37.26} = 124.20 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}\text{año}^{-1}$$

0.3 0.3

Paso 3

Fuente de Fósforo:

Fertilizante 10-30-10; 10% N, 30% P y 10% K

$$\begin{array}{r} 30 \text{ kg} \text{ ----- } 100 \text{ kg} \\ 124.20 \text{ kg} \text{ ----- } X = \frac{12420}{30} = 414.0 \text{ kg } 10\text{-}30\text{-}10 \end{array} \quad \textcircled{9 \text{ qq}}$$

Paso 4

El fertilizante 10-30-10 se puede aplicar 4.5 qq por hectárea al entrar las lluvias (finales de mayo) y 4.5 qq en las segundas lluvias (finales de agosto). También se puede realizar una mejor distribución (a pesar de la fijación de P) y aplicar 3 qq en los período de Mayo-Junio, de Agosto-Setiembre y de Octubre-Noviembre, con lo cual la disponibilidad de biomasa del pasto Brizantha va a ser mayor y mejor distribuida durante el año.

El fertilizante 10-30-10 también aporta nitrógeno y potasio, por lo que es necesario cuantificar este aporte y restarlo de los otros fertilizantes utilizados.

Aporte del fertilizante 10-30-10 al Nitrógeno

$$\begin{array}{r} 100 \text{ kg} \text{ ----- } 10 \text{ kg} \\ 414 \text{ kg} \text{ ----- } X = 41.4 \text{ kg N} \end{array} \quad \text{se debe restar a la cantidad de nitrógeno}$$

$$182.86 \text{ kg N ha}^{-1} - 41.4 \text{ kg N ha}^{-1} = 141.46 \text{ kg N ha}^{-1} \quad \text{si se pasa a Nutrán}$$

$$\begin{array}{r} 33.5 \text{ kg} \text{ ----- } 100 \text{ kg} \\ 141.46 \text{ kg} \text{ ----- } X = 422.27 \text{ kg Nutrán. ha}^{-1} = 9.2 \text{ qq entre } 6 = 1.5 \text{ qq por rotación} \end{array}$$

Aporte del fertilizante 10-30-10 al Potasio

$$\begin{array}{r} 100 \text{ kg} \text{ ----- } 10 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \\ 414 \text{ kg} \text{ ----- } X = 41.4 \text{ kg K}_2\text{O} \end{array} \quad \text{se debe restar a la cantidad necesaria de potasio}$$

CÁLCULO DEL POTASIO

Paso 1

Disponibile en el suelo

$$0.18 \text{ cmol(+) L}^{-1} \times 780 = 140.40 \text{ kg K ha}^{-1}$$

$$140.4 \text{ kg K ha}^{-1} \times 1.205 = 169.18 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$$

Paso 2

Fósforo extraído

$$200 \text{ kg ha}^{-1} \times 1.205 = 241.0 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

Necesidad de Potasio

$$\frac{241.0 \text{ kg} - 169.18 \text{ kg}}{0.7} = \frac{71.82}{0.7} = 102.60 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}\text{año}^{-1}$$

Restar el aporte del fertilizante 10-30-10

$$102.60 - 41.4 = \mathbf{61.20 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}\text{año}^{-1}}$$

Paso 3

Fuente de Potasio:

Fertilizante KCl (Cloruro de Potasio) 60.0 % de K₂O

$$60 \text{ kg} \text{ ----- } 100 \text{ kg}$$

$$61.20 \text{ kg} \text{ ----- } X = \frac{6120}{60} = 102.0 \text{ kg KCl}$$

2.2 qq

Paso 4

El potasio se puede aplicar, igual que el fósforo, en los períodos de Mayo-Junio, de Agosto-Setiembre y de Octubre-Noviembre, con lo cual mejorará la disponibilidad de biomasa del pasto Brizantha. Para la aplicación en tres partes, se debe aportar aproximadamente **0.74 qq** de Cloruro de Potasio por período (34 kg por período).

Cuadro 14. Resumen de necesidades de fertilizantes

<i>Nutriente</i>	<i>kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>	<i>qq.ha⁻¹.año⁻¹</i>	<i>Aplicación</i>
Nitrógeno	182.86	9.2	El Nutrán se debe aplicar 1.5 qq ha ⁻¹ luego de cada una de las 6 rotaciones.
Fósforo	124.20	9.0	El fertilizante 10-30-10 se puede aplicar en 3 partes de 3.0 qq ha ⁻¹ en los meses de mayo , agosto y octubre con lluvia.
Potasio	102.60	2.2	El Cloruro de potasio se puede aplicar igual que el fósforo en 3 partes de 0.75 qq ha ⁻¹ .
Magnesio			
Calcio			
Azufre			

El Cuadro anterior (14) indica las necesidades teóricas de fertilizantes para mantenimiento de una finca de engorde semiestabulada de Santa Cruz, Guanacaste, sembrada de pasto *Brachiaria brizantha*. El ejercicio no contempla dejar el nivel crítico de los elementos en el suelo, supone una extracción total aunque, en la realidad, tal situación nunca ocurre. En este caso, se debe analizar la relación beneficio-costos y tomar la mejor decisión en el sistema de producción particular.

Se deben terminar los cálculos con los nutrientes Magnesio, Calcio y Azufre. Se pueden probar otras fuentes de nutrientes disponibles y evaluar los costos.

Cuando el costo de los fertilizantes es muy alto, la fertilización se debe concentrar en las áreas de uso intensivo de la finca y de forrajes de corte; además, debe considerarse el uso de fuentes orgánicas y animales y cuantificar el reciclaje de nutrientes.

Referencias bibliográficas

Beguet H. y Bavera G. (2001) Curso de producción bovina de carne. FAV UNRC. Sitio Argentino de Producción Animal. 3p.

Bellows B. (2001) Nutrient cycling in pasture. Livestock Systems Guide. ATTRA. 64p.

Bernal J. y Espinosa J. (2003) Manual de nutrición y fertilización de pastos. Potash and Phosphate Institute of Canada. 94p.

Botero R. (1999) **Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en suelos ácidos tropicales**. EARTH, Costa Rica. 21p.

Brink G. (2006) **A quick lesson in plant structure, growth and regrowth for pasture-based dairy systems**. US. Dairy Forage Research Center, USDA, Madison, Wisconsin. 2p.

Cabalceta G. (1999) Fertilización y nutrición de forrajes de altura. XI Congreso Agronómico Nacional, III Congreso de Suelos. UCR, San José, Costa Rica. 16p.

Cerdas R. (2010) **Fertilización de forrajes**. Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica, Liberia, Costa Rica. 8p.

Cerdas R. y Vallejos E. (2010) Productividad del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica. InterSedes. Vol. XI. (22-2010) 180-195.

Cerdas R. y Vallejos E. (2011) **Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (Megathyrus maximus) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica**. InterSedes. Vol. XII. (23-2011) 32-44.

Detling J. (1988) **Grassland and savannas: regulation of energy flow and nutrient cycling by herbivores**. En L. Pomeroy y J. Alberts, eds. Concepts of Ecosystem Ecology. Springer-Verlag, New York. p 131-148.

Guerrero R. (1993) **Fertilización de pastos mejorados**. En R. Guerrero ed. Fertilización de cultivos de clima frío. 2ed. Monómeros Colombo-Venezolanos, p 157-175.

Instituto Meteorológico Nacional (2011) **Datos meteorológicos de Liberia y Santa Cruz 2007-2010**, Guanacaste. 10p.

Klausner S. (1997) **Nutrients management, crop production and water quality**. NRAES-101. Ithaca, New York, 40p.

Lantiga E., Deben P. y Van Keulen H (1999) **Herbage and animal production responses to fertilizer nitrogen in perennial ryegrass swards. II. Rotational grazing and cutting**. Netherlands Journal of Agricultural Science 47: 243-261).

Marín B. y Montico S. (2005) **Fertilización foliar en pasturas: una alternativa**. Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Revista Agromensajes de la Facultad. n° 15, 4p.

Molina E. (2007) **Análisis de suelos y su interpretación**. Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR, Costa Rica. 8p.

Molina E. y Meléndez G. (2002) **Tabla de interpretación de análisis de suelos**. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

Ramírez F. (1998) **Muestreo de suelos para diagnóstico de fertilidad**. Boletín Técnico ACCS, Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. 6 p.

Russelle M. (1992) **Nitrogen cycling in pasture and range**. Journal of Production Agriculture. Vol. 5, No. 1 p. 13-23.

Sullivan P.y Sharp H. (2010) **Assessing the pasture soil resource**. NCAT, ATTRA, 8p.

Vallejos E. y Cerdas R. (2010) **Control de malezas y recuperación de potreros**. Informe final. Vicerrectoría de Investigación, UCR, Costa Rica, 22p.

Wells K. y Dougherty C. (1997) **Soil management for intensive grazing**. University of Kentucky. Soil Science News and Views, vol. 18(2) 6p.

Wilkinson S. y Lowrey R. (1973) **Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems**. En G.W. Butler y W. Bailed ed. Chemistry and biochemistry of herbage, vol. 2. London Academy Press, p. 248-316.